



TUGAS AKHIR – TI091501

**STUDI PENENTUAN POLA OPERASI PENGIRIMAN
KAPAL *COMPRESSED NATURAL GAS* (CNG) PADA PLTMG BAWEAN
DENGAN PENDEKATAN SIMULASI**

RESTI DITASARI PRATIWI

NRP 2511100101

Dosen Pembimbing

Yudha Andrian Saputra, S.T., M.B.A.

NIP. 198203122005011002

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2015



FINAL PROJECT – TI091501

***STUDY ON DETERMINATION OF OPERATIOIS PATTERNS OF
DELIVERY COMPRESSED NATURAL GAS (CNG) SHIP
IN PLTMG BAWEAN WITH SIMULATION APPROACH***

RESTI DITASARI PRATIWI

NRP 2511100101

Supervisor

Yudha Andrian Saputra, S.T., M.B.A.

NIP. 198203122005011002

DEPARTEMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

Faculty of Industrial Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2015

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PENENTUAN POLA OPERASI PENGIRIMAN KAPAL COMPRESSED NATURAL GAS (CNG) PADA PLTMG BAWEAN DENGAN PENDEKATAN SIMULASI

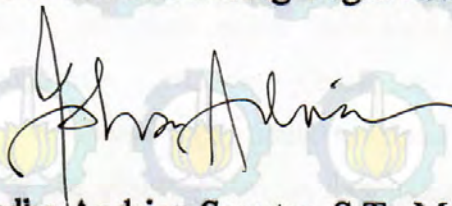
TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

**RESTI DITASARI PRATIWI
NRP. 2511 100 101**

**Disetujui oleh
Dosen Pembimbing Tugas Akhir**



**Yudha Andrian Saputra, S.T., M.B.A
NIP. 198203122005011002**

SURABAYA, JULI 2015



**STUDI PENENTUAN POLA OPERASI PENGIRIMAN
KAPAL *COMPRESSED NATURAL GAS* (CNG) PADA PLTMG BAWEAN
DENGAN PENDEKATAN SIMULASI**

Nama : Resti Ditasari Pratiwi
NRP : 2511 100 101
Dosen Pembimbing : Yudha Andrian Saputra, S.T., M.B.A

ABSTRAK

Sebagai salah satu perusahaan pembangkit listrik yang memasok sebagian kebutuhan listrik pada sistem Jawa- Bali, PT Pembangkitan Jawa Bali (PJB) mendirikan sebuah PLTMG yang berkapasitas 3 x 1 Mega Watt (MW) di Pulau Bawean, Gresik, Jawa Timur. Pendirian PLTMG Bawean ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan listrik pada Pulau Bawean. Namun pada operasinya saat ini *capacity factor* PLTMG Bawean masih terdapat pada kisaran nilai 30%. Hal ini disebabkan kurangnya pasokan CNG pada PLTMG Bawean. Saat ini PT. PJB berupaya melakukan pengadaan kapal yang memiliki kapasitas 2 MMSCF (60000 m³) agar dapat memenuhi kebutuhan CNG pada PLTMG Bawean. Permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah bagaimana sebaiknya pola operasi pengiriman kapal dengan mempertimbangkan ketidakpastian cuaca, jumlah konsumsi CNG, serta lama proses operasi (*loading rate*). Pada penelitian ini akan dilakukan simulasi yang bertujuan untuk: mengembangkan model eksisting mengenai proses pengiriman CNG dari Gresik ke PLTMG Bawean serta menentukan rencana pola operasi kapal untuk antisipasi cuaca buruk. Hasil dari penelitian ini adalah model eksisting dengan menggunakan estimasi kebutuhan konsumsi CNG pada PLTMG Bawean pada *capacity factor* 80% serta pola operasi kapal yang digunakan adalah *periodic review* dalam 3 hari, dengan jumlah muatan *order up-to-level*.

Kata Kunci— Pola Operasi Pengiriman, Ketidakpastian, Simulasi, Kapal CNG

**STUDY ON DETERMINATION OF OPERATIO S PATTERNS OF
DELIVERY COMPRESSED NATURAL GAS (CNG) SHIP
IN PLTMG BAWEAN WITH SIMULATION APPROACH**

Name : Resti Ditasari Pratiwi
NRP : 2511 100 101
Supervisor : Yudha Andrian Saputra, S.T., M.B.A

ABSTRACT

As one of the power plants that supply most of the electricity needs in the Java-Bali system, PT Pembangkitan Jawa Bali (PJB) has established a PLTMG with 3 x 1 Mega Watt (MW) of capacity in Bawean Island, Gresik, East Java. PLTMG Bawean establishment aims to meet the electricity needs of the Bawean Island. But at the moment operation, capacity factor PLTMG Bawean still present in the range of 30% value. This is due to the lack of fuel supply at PLTMG Bawean. Currently, PT. PJB seeks to procure vessels having a capacity of 2 MMSCF (60000 m³) in order to meet fuel needs at PLTMG Bawean. Issues raised in this study is how best to dispatch the ship with the operating pattern considering the uncertainty of the weather, the number of CNG consumption, as well as the long process of operation (loading rate). This research will be conducted simulation that aims to: develop existing models of the fuel delivery process from Gresik to PLTMG Bawean and determine the pattern of ship operations plan for anticipated bad weather. Results of this study was to use the existing model of the estimated fuel consumption at PLTMG Bawean at 80% capacity factor. And the operation pattern used boats are periodic review within 3 days, the number of cargo orders up-to-level.

Keyword: Delivery Operation, Uncertainty, Simulation, CNG Carrier

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan kasih karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul: “Studi Penentuan Pola Operasi Pengiriman Kapal *Compressed Natural Gas* (CNG) pada PLTMG Bawean dengan Pendekatan Simulasi”.

Pada kesempatan kali ini, penulis ingin berterimakasih pada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama proses pengerjaan Tugas Akhir: Penulis ingin berterimakasih kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus atas segala kasih, berkat, kekuatan, serta segala kelancaran selama proses pengerjaan.
2. Kedua orang tua penulis, Bapak dan Ibu yang telah memberikan segala macam dukungan serta doa.
3. Pak Yudha Andrian Saputra, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan segala waktu dan tenaganya dalam membimbing penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini.
4. Bapak dan Ibu Dosen di Jurusan Teknik Industri ITS yang telah membantu selama proses pembelajaran penulis dari semester 1 hingga semester 8
5. Bu Retno dan Pak Danang selaku pembimbing dari PT. PJB Pusat yang telah memberikan arahan serta bimbingan dalam proses pengumpulan data
6. Lia dan Ivana yang selalu menemani penulis dalam kondisi apapun, untuk semangat, motivasi, dan kebersamaan
7. Rini, selaku adik penulis yang telah memberikan segala motivasi dan dukungan selama proses pengerjaan Tugas Akhir
8. Teman-teman satu perjuangan Resa, Lola, Pewe, Dazen atas segala bantuan dan semangat yang diberikan
9. Warda selaku teman Kerja Praktek penulis yang telah menemani penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir
10. Teman-teman VERESIS atas segala kebersamaannya dari mahasiswa baru hingga penulis menyelesaikan studi di Teknik Industri

11. Serta pihak-pihak lain yang telah memberikan dukungan dan tidak dapat penulis sebutkan satu per satu

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang terdapat dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini. Segala kritik maupun saran dapat diterima oleh penulis. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak yang membacanya.

Resti Ditasari Pratiwi

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
<i>ABSTRACT</i>	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
Bab 1	
Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan dan Asumsi	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
Bab 2	
Tinjauan Pustaka.....	7
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG).....	7
2.2 <i>Compressed Natural Gas</i> (CNG).....	8
2.3 Transportasi dan Distribusi CNG.....	9
2.3.1 <i>Mother Station</i>	10
2.3.2 <i>Daughter station</i>	11
2.4 Manajemen Persediaan	11
2.5 Simulasi.....	12
BAB 3	
Metodologi Penelitian.....	15
3.1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian	15
3.2 Penjelasan <i>Flowchart</i>	16
BAB 4	
Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	21

4.1 Profil Bisnis Perusahaan.....	21
4.2 Sistem Pengadaan CNG dan Pemakaian CNG.....	22
4.3 <i>Generate</i> Estimasi Konsumsi CNG per Hari	24
4.4 Pengembangan Model	24
4.4.1 Pembuatan <i>Activity Cycle Diagram</i>	25
4.4.2 <i>Fitting</i> Distribusi Data.....	26
4.4.3 Pembuatan Model ARENA	28
4.4.4 Verifikasi Model.....	31
4.4.5 Validasi Model	33
4.4.6 Perhitungan Jumlah Replikasi	35
4.5 Simulasi Kondisi Eksisting	36
4.6 Simulasi Model Skenario	37
BAB 5	
Analisis dan Interpretasi Hasil	41
5.1 Hasil Percobaan Model Skenario	41
5.1.1 Hasil Skenario <i>Continuous Review</i>	41
5.1.2 Hasil Skenario <i>Periodic Review (Q = order up to level)</i>	45
5.1.3 Hasil Skenario <i>Periodic System (Q Fixed)</i>	51
5.2 Analisis Kebutuhan CNG	54
5.3 Analisis Pola Operasi	55
5.4 Analisis Tingkat <i>Service Level</i> dan Biaya	57
BAB 6	
Kesimpulan dan Saran.....	59
6.1 Kesimpulan.....	59
6.2 Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN	63

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Perkembangan Jumlah Pelanggan Listrik PT PLN [ribu pelanggan]	1
Tabel 4. 1 Produk Utama PT PJB	22
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Pasokan CNG Bulan Desember 2014	22
Tabel 4. 3 Data Waktu Proses Pengiriman CNG (dalam jam).....	27
Tabel 4. 4 Hasil <i>Fitting</i> Distribusi Data	28
Tabel 4. 5 Hasil Kondisi Eksisting dan <i>Output</i> Simulasi Eksisting.....	33
Tabel 5. 1 Pola Operasi Skenario <i>Periodic Review</i> 3.5 Hari Sekali (Q = <i>order up-to-level</i>)	47
Tabel 5. 2 Pola Operasi Skenario <i>Periodic Review</i> 3 Hari Sekali (Q = <i>order up-to-level</i>).....	50
Tabel 5. 3 Pola Operasi Skenario <i>Periodic Review</i> 3 Hari Sekali (Q Fixed).....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Beban Puncak Area Bawean dan Beban Tertinggi PLTMG Bawean (sumber: data dari PT. PJB Pusat)	2
Gambar 2. 1 Proses pada <i>Mother Station</i> CNG (sumber: http://bmicng.co.id/) ...	10
Gambar 2.2 Proses pada <i>Daughter Station</i> CNG (sumber: http://bmicng.co.id/) ..	11
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian	15
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Pengiriman CNG ke PLTMG Bawean	17
Gambar 4. 1 <i>Activity Cycle Diagram</i> Pengiriman CNG ke PLTMG Bawean	26
Gambar 4. 2 Fitting Distribusi Waktu Perjalanan ke Bawean	28
Gambar 4. 3 Model Pasokan CNG	29
Gambar 4. 4 Model Siklus Kapal	29
Gambar 4. 5 Model Generate Tinggi Gelombang	29
Gambar 4. 6 Modul Decision Keberangkatan Kapal berdasarkan Tinggi Gelombang	30
Gambar 4. 7 Model Demand	30
Gambar 4. 8 Verifikasi Model Eksisting - ARENA System Debugger	31
Gambar 4. 9 Verifikasi Model ARENA - Modul Process	31
Gambar 4. 10 Verifikasi Model ARENA - Modul Delay	32
Gambar 4. 11 Verifikasi Model ARENA – Perbandingan Input- Output	32
Gambar 4. 12 Skema Pengadaan CNG pada Kondisi Eksisting	36
Gambar 5. 1 Skema Pengadaan CNG secara <i>Continuos Review</i> (ROP 55 km ³) Mengikuti Pola Cuaca pada Tahun 2014	41
Gambar 5. 2 Hasil <i>Running</i> Skenario <i>Continuous Review</i> Mengikuti Pola Cuaca pada Tahun 2014	42
Gambar 5. 3 Skema Pengadaan <i>Continuous Review</i> pada ROP ≤ 55 km ³	42
Gambar 5. 4 Rata-rata Jumlah Persediaan pada ROP ≤ 55 km ³	43
Gambar 5. 5 Skema Pengadaan <i>Continuous Review</i> pada ROP ≤ 65 km ³	43
Gambar 5. 6 Rata-rata Jumlah Persediaan pada ROP ≤ 65 km ³	44
Gambar 5. 7 Skema Pengadaan Skenario <i>Periodic Review</i> 3.5 Hari (Q = <i>order up-to-level</i>)	45

Gambar 5. 8 Rata-Rata Persediaan pada <i>Periodic Review</i> 3.5 Hari dengan Q <i>order up-to-level</i>	45
Gambar 5. 9 Skema Pengadaan Skenario <i>Periodic Review</i> 3 Hari (Q = <i>order up-to-level</i>).....	48
Gambar 5. 10 Rata-Rata Persediaan pada <i>Periodic Review</i> 3 Hari dengan Q <i>order up-to-level</i>	48
Gambar 5. 11 Skema Pengadaan Skenario <i>Periodic Review</i> 3.5 Hari (Q = <i>fixed</i>)	51
Gambar 5. 12 Skema Pengadaan Skenario <i>Periodic Review</i> 3 Hari (Q = <i>fixed</i>)..	51
Gambar 5. 13 Rata-Rata Persediaan pada <i>Periodic Review</i> 3 Hari dengan Q Fixed	52
Gambar 5. 14 Grafik Perbandingan Estimasi Kebutuhan CNG	54
Gambar 5. 15 Grafik Perbandingan Utilitas dan <i>Service Level</i> dari Masing-Masing Skenario.....	56

Bab 1

Pendahuluan

Pada bab ini akan dibahas mengenai pendahuluan penelitian. Bab ini berisi latar belakang penelitian, perumusan masalah yang diangkat dalam penelitian, tujuan dan manfaat dilakukan penelitian, ruang lingkup permasalahan yang akan dijelaskan dalam batasan asumsi, serta skema penulisan penelitian.

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk dan perkembangan bisnis yang pesat di Indonesia membuat jumlah pelanggan listrik PLN mengalami peningkatan setiap tahunnya. Berikut ini merupakan data pertambahan pelanggan PLN selama enam tahun terakhir (2009-2014).

Tabel 1. 1 Perkembangan Jumlah Pelanggan Listrik PT PLN [ribu pelanggan]

Jenis Pelanggan	2009	2010	2011	2012	2013	2014*)
Rumah Tangga	36.897	39.109	42.348	45.991	49.887	52.905
Komersial	1.770	1.878	2.019	2.175	2.359	2.536
Publik	1.165	1.148	1.214	1.300	1.402	1.485
Industri	48	48	50	52	55	58
Total	39.880	42.182	45.631	49.519	53.703	56.985

Sumber: RUPTL PLN 2015-2024

Berdasarkan data tersebut, peningkatan pelanggan selama tahun 2009-2014 mengalami peningkatan dari 39,9 juta menjadi 57 juta dengan rata-rata peningkatan 3 juta setiap tahunnya. Akibat dari peningkatan jumlah pelanggan listrik ini adalah penjualan tenaga listrik PLN juga turut meningkat. Berdasarkan data yang terdapat pada RUPTL PLN 2015-2024, pertumbuhan rata-rata penjualan listrik di Jawa Bali pada tahun 2009-2014 adalah sebesar 7,1 % per tahun.

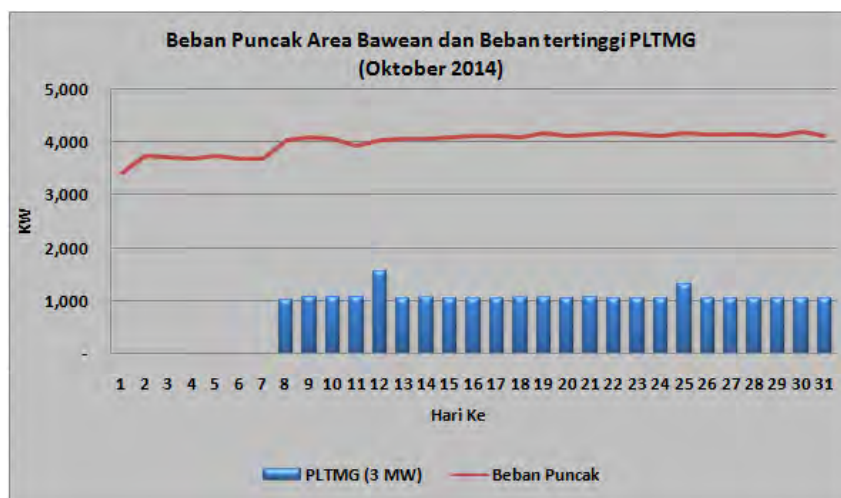
Dalam RUPTL 2015-2024, PT PLN mengharapkan pada tahun 2024 pembangkit listrik di Indonesia yang menggunakan gas sebagai CNG adalah sebesar 19,2% dari total pembangkit yang ada di Indonesia. Hal ini dikarenakan jumlah persediaan gas alam di Indonesia yang dinilai mampu memenuhi

kebutuhan energy di Indonesia hingga 50-100 tahun ke depan (Peraturan Presiden Republik Indonesia No 5 Tahun 2006).

Sebagai salah satu perusahaan pembangkit listrik yang memasok sebagian kebutuhan listrik pada sistem Jawa- Bali, PT Pembangkitan Jawa Bali (PJB) juga berupaya untuk terus mengembangkan pembangkit listrik agar dapat memenuhi jumlah kebutuhan listrik yang terus meningkat. Salah satu pengembangan pembangkit yang telah dilakukan adalah didirikannya Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) yang berkapasitas 3 x 1 Mega Watt (MW) di Pulau Bawean, Gresik, Jawa Timur. Dalam kegiatan operasinya, PLTMG ini menggunakan CNG *Compressed Natural Gas* (CNG). Pendirian PLTMG ini menggantikan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) yang dalam kegiatan operasinya menggunakan CNG minyak.

Pendirian PLTMG di Pulau Bawean juga dinilai dapat meminimalkan biaya produksi hingga 1,488 milyar per bulan (ESDM, 2014). Sebelumnya, PLTD membutuhkan sekitar 503.906 liter BBM untuk dapat menghasilkan 4,7 MW. Apabila ditambah dengan biaya transportasi BBM, maka biaya produksi dapat mencapai hingga Rp 2.800 per kWh.

Pembangunan PLTMG Bawean memang dinilai dapat meminimalisasi biaya produksi, namun saat ini produksi listrik pada PLTMG Bawean masih belum dapat optimal. Berikut ini merupakan grafik yang menunjukkan beban tertinggi PLTMG Bawean pada Bulan Oktober 2014:



Gambar 1. 1 Grafik Beban Puncak Area Bawean dan Beban Tertinggi PLTMG Bawean (sumber: data dari PT. PJB Pusat)

Berdasarkan gambar 1.1, dapat dilihat bahwa beban tertinggi PLTMG Bawean masih jauh di bawah beban puncak pada area Bawean, yaitu masih dalam kisaran nilai 1 Mega Watt (MW). Berdasarkan hasil wawancara dengan salah satu manajer di PT PJB, *Capacity Factor* (CF) ketiga PLTMG tersebut masih sekitar 30%. *Capacity Factor* merupakan tingkat utilitas dari sebuah pembangkit. Rendahnya nilai CF PLTMG Bawean menyebabkan pasokan listrik di Pulau Bawean masih harus dipenuhi oleh bantuan produksi listrik dari PLTD swasta (sewa), yang mana hal ini dapat meningkatkan biaya produksi listrik.

Salah satu faktor penyebab rendahnya nilai CF pada PLTMG ini adalah jumlah pasokan CNG pada pembangkit masih belum dapat memenuhi kebutuhan CNG di PLTMG Bawean. Jumlah kebutuhan CNG di PLTMG Bawean agar dapat menghasilkan CF yang optimal adalah sebesar 2 MMSCF selama masa *lead time* pengiriman (2-3 hari), sedangkan kapasitas pengiriman CNG saat ini adalah masih sebesar 0,5 MMSCF. Hal ini dikarenakan kapasitas kapal pengangkut CNG masih terbatas.

Saat ini, kapal pengirim CNG ke PLTMG Bawean masih dapat menampung 6 *tube skid* dengan ukuran 20 ft. Jumlah *tube skid* CNG yang digunakan adalah 12 tabung, dengan rincian enam tabung di *mother station* Wunut, Sidoarjo dan enam tabung digunakan di PLTMG Bawean. Dengan jumlah tersebut, kapasitas pengiriman ke PLTMG Bawean masih sebesar 0,5 MMSCF per pengiriman. Dengan kapasitas pengiriman tersebut, kebutuhan CNG di PLTMG Bawean masih belum dapat dipenuhi secara optimal sehingga CF di PLTMG Bawean masih dalam nilai 30%.

Agar PLTMG Bawean dapat bekerja pada CF yang optimal (80%), PLTMG Bawean membutuhkan pasokan gas dengan jumlah yang lebih besar dari jumlah pasokan saat ini. Saat ini PT. PJB berupaya melakukan pengadaan kapal yang memiliki kapasitas 2 MMSCF. Oleh karena itu, diperlukan suatu pola operasi pengiriman kapal agar jumlah persediaan pada PLTMG Bawean dapat memenuhi kebutuhan konsumsi CNG secara optimal.

Penentuan pola operasi ini ditentukan oleh beberapa faktor ketidakpastian, yaitu: ketidakpastian cuaca, lama proses operasi (*loading rate*), dan *fuel consumption rate* pada PLTMG Bawean. Ketidakpastian cuaca di sini ditentukan

berdasarkan ketinggian gelombang, dimana apabila gelombang tinggi (lebih dari 2 meter) maka kapal tidak dapat melakukan perjalanan. Ketinggian gelombang ini juga menentukan kecepatan kapal, dimana apabila gelombang tinggi, maka kapal harus menurunkan kecepatan, sehingga waktu perjalanan lebih lama.

Lama proses operasi pada setiap kali pengiriman juga berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh *loading rate* di Gresik maupun di Bawean. Selain itu *fuel consumption rate* pada PLTMG Bawean juga mempengaruhi jumlah kebutuhan konsumsi CNG di Bawean yang akan mengurangi persediaan CNG di PLTMG Bawean. Pada penelitian ini akan digunakan metode simulasi agar dapat merepresentasikan faktor-faktor ketidakpastian tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang pada subbab sebelumnya, maka dapat dirumuskan permasalahan mengenai bagaimana cara mengoptimalkan kapasitas kapal pengangkut CNG (CNG) berdasarkan *demand* CNG di Pulau Bawean dengan mempertimbangkan faktor ketidakpastian, yaitu perubahan cuaca.

1. Bagaimana karakteristik tingkat *demand* CNG di Pulau Bawean apabila *capacity factor* ditingkatkan
2. Bagaimana sebaiknya pola operasi pengiriman CNG ke PLTMG Bawean agar jumlah persediaan optimal
3. Bagaimana mengantisipasi kekurangan CNG saat cuaca buruk

1.3 Tujuan

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan model simulasi eksisting mengenai proses pengiriman CNG dari Gresik ke Pulau Bawean
2. Menentukan rencana pola operasi kapal CNG untuk mengantisipasi faktor ketidakpastian cuaca dengan berdasarkan *service level* persediaan dan utilitas kapal.

1.4 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dengan melakukan penelitian ini antara lain:

1. Dapat menjadi pertimbangan dalam melakukan perencanaan pengiriman CNG ke PLTMG Bawean

2. Mengoptimalkan jumlah CNG pada PLTMG Bawean berdasarkan jumlah kebutuhan sehingga dapat memaksimalkan *capacity factor* pembangkit
3. Mengurangi risiko kekurangan persediaan CNG dengan mempertimbangkan faktor ketidakpastian cuaca dalam penjadwalan pengiriman CNG.

1.5 Batasan dan Asumsi

Pada subbab ini akan dibahas mengenai batasan dan asumsi yang akan digunakan selama dilakukan penelitian:

1.5.1 Batasan

Berikut ini merupakan batasan penelitian:

1. Penelitian dilakukan pada pengiriman CNG ke PLTMG Bawean
2. Simulasi pengiriman CNG hanya berfokus pada pengiriman melalui kapal (LCT)
3. Data penelitian yang digunakan adalah data pengiriman CNG pada Bulan Oktober – Desember 2014
4. Data cuaca yang digunakan adalah data historis tinggi gelombang selama tahun 2014

1.5.2 Asumsi

Asumsi yang digunakan selama penelitian adalah:

1. Proses operasi pengiriman CNG berlangsung secara kontinyu selama 7x 24 jam
2. *Storage* CNG di Gresik sudah beroperasi.
3. Satuan CNG yang digunakan dalam simulasi adalah km^3
4. Jumlah tabung dapat memenuhi penambahan kapasitas CNG di PLTMG Bawean
5. Pada saat gelombang tinggi saat perjalanan, kapal masih dapat beroperasi dengan kecepatan yang rendah
6. Tidak terdapat proses *docking* kapal

1.6 Sistematika Penulisan

Terdapat beberapa hal yang akan dibahas dalam penyusunan laporan ini. Pembahasan tersebut dibagi dalam beberapa bab. Berikut ini merupakan sistematika penulisan dari laporan ini:

BAB I Pendahuluan

Pada bab ini akan dibahas mengenai latar belakang dilakukan penelitian, rumusan masalah yang akan diteliti, tujuan dan manfaat penelitian, serta batasan dan asumsi yang digunakan selama dilakukan penelitian.

BAB II Tinjauan Pustaka

Pada bab tinjauan pustaka akan dibahas mengenai beberapa studi literatur sebagai pendukung pelaksanaan penelitian. Pada bab ini akan dibahas mengenai CNG, proses distribusi CNG, beserta proses simulasi.

BAB III Metodologi Penelitian

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai proses dan metode yang digunakan selama penelitian. Bab ini akan berisi *flowchart* metodologi penelitian beserta penjelasannya.

BAB IV Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada bab ini membahas data-data yang diperlukan selama penelitian berupa data waktu pengiriman CNG, data kapasitas kapal, kebutuhan CNG di PLTMG Bawean, dan lain-lain. Data-data tersebut kemudian diolah sesuai dengan tahapan yang dijelaskan dalam bab metodologi penelitian.

BAB V Analisis dan Interpretasi Hasil

Pada bab ini akan dilakukan analisis dan interpretasi dari hasil yang diperoleh dari pengolahan data. analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil dari simulasi skenario yang dilakukan dalam penelitian.

BAB VI Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini akan dibahas mengenai kesimpulan dari hasil dilakukan penelitian. Selain itu, juga akan diberikan saran berdasarkan hasil penelitian agar proses pengiriman CNG ke PLTMG Bawean dapat dilakukan dengan optimal.

Bab 2

Tinjauan Pustaka

Pada bab ini akan dibahas mengenai beberapa tinjauan pustaka yang digunakan selama penelitian. Sumber-sumber tinjauan pustaka dapat berupa jurnal, artikel berita, maupun dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG)

Dalam sebuah pembangkit listrik terdapat berbagai macam alternatif pilihan yang dapat digunakan sebagai sumber energi. Di Indonesia sendiri terdapat beberapa jenis pembangkit yang dibedakan berdasarkan sumber energinya. Beberapa jenis pembangkit yang beroperasi di Indonesia antara lain: PLTA (Pusat Listrik Tenaga Air), PLTD (Pusat Listrik Tenaga Diesel), PLTU (Pusat Listrik Tenaga Uap), PLTG (Pusat Listrik Tenaga Gas), PLTMG (Pusat Listrik Tenaga Mesin dan Gas), dan lain-lain.

Saat ini, untuk dapat memenuhi *demand* kebutuhan listrik di Indonesia, PLTMG merupakan salah satu pembangkit alternatif yang menarik untuk dikembangkan. Hal ini dikarenakan ketersediaan CNG gas alam yang cukup banyak apabila dibandingkan dengan CNG minyak. Selain itu, dari segi ekonomis, harga CNG gas alam lebih rendah daripada harga CNG minyak. Penggunaan gas alam sebagai CNG ini juga dapat digunakan untuk memasok daya pembangkit pada saat beban puncak (*peaker*) maupun pada saat *base load*.

Sistem CNG pada sebuah PLTMG dapat dibedakan menjadi dua berdasarkan jenis mesin yang digunakan. Pada PLTMG dapat menggunakan mesin yang hanya membutuhkan satu jenis CNG (gas), maupun dengan dua jenis CNG, yaitu gas alam atau minyak (*bi-fuel/ dual fuel*). Pada mesin dengan dua jenis CNG, penggunaan CNG dapat dilakukan secara bergantian (*bi-fuel*) maupun secara serempak/ bersamaan (*dual fuel*).

Gas alam yang digunakan sebagai CNG dalam PLTMG pada umumnya telah diolah dalam bentuk LNG (*Liquified Natural Gas*) maupun dalam bentuk CNG (*Compressed Natural Gas*). LNG merupakan gas alam yang telah

dikondensasi sehingga berwujud cair. LNG memiliki kepadatan energi yang setara dengan petrol dan diesel, namun apabila dibandingkan dengan CNG, LNG memiliki biaya produksi dan biaya penyimpanan yang relatif tinggi.

Proses produksi CNG memiliki tahapan yang lebih sederhana daripada LNG. Pada CNG, gas alam mengalami proses kompresi hingga pada tekanan tertentu. Penjelasan lebih lanjut tentang CNG akan dibahas pada subbab berikutnya.

2.2 Compressed Natural Gas (CNG)

Compressed Natural Gas (CNG) merupakan salah satu CNG alternatif selain bensin dan solar. CNG dibuat dengan melakukan kompresi metana (CH_4) yang diekstrak melalui gas alam. Pada teknologi CNG, gas alam dimampatkan ke dalam tabung yang bertekanan tinggi. Tekanan dalam tabung tersebut berkisar antara 200 barG- 250 barG. Apabila dibandingkan dengan CNG lainnya, seperti minyak, pembakaran dengan menggunakan CNG memiliki emisi gas buang yang lebih ramah lingkungan.

Komposisi volume gas alam terdiri dari paling sedikit 95%- 97% metana serta lebih dari 5% nitrogen dan karbondioksida, sisanya terdiri dari gas seperti etana, propane, dan butane. Komposisi tersebut hampir sama dengan CNG cair seperti minyak, sehingga gas alam sangat sesuai untuk dijadikan sebagai CNG alternatif.

Seiring dengan menipisnya ketersediaan CNG minyak dan banyaknya isu lingkungan, CNG mulai banyak digunakan sebagai CNG alternatif. Hal tersebut juga mempertimbangkan jumlah ketersediaan CNG gas yang jauh lebih besar daripada CNG minyak.

Beberapa keuntungan penggunaan CNG dalam memenuhi kebutuhan CNG gas bagi kalangan industri antara lain:

- a. Harga yang relatif lebih murah dibandingkan CNG minyak (HSD, MDF, MFO) atau LPG (*Liquid Petroleum Gas*) sehingga dapat meningkatkan efisiensi biaya industri
- b. Memiliki tingkat emisi gas buang yang rendah sebagai hasil pembakaran yang sempurna sehingga lebih ramah lingkungan

- c. Biaya inventasi yang rendah, dibandingkan inventasi menggunakan CNG batu bara, dan lainnya
- d. Biaya operasional dan *maintenance* yang cenderung lebih rendah, karena tingkat pengotor CNG juga rendah
- e. Nilai kalori CNG konstan karena telah melalui proses pengurangan kandungan air
- f. Waktu instalasi lebih cepat, karena tidak diperlukan instalasi atau konstruksi jaringan pipa luar
- g. Dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, seperti: pembangkit tenaga listrik skala kecil atau menengah, pembangkit mesin-mesin industri (*boiler, oven, dryer, dll*), CNG gas untuk kendaraan.

2.3 Transportasi dan Distribusi CNG

Gas alam umumnya didistribusikan melalui jaringan pipa khusus yang dibangun dari sumber gas hingga ke tempat atau lokasi yang memerlukan pasokan gas tersebut. Semakin banyak lokasi yang membutuhkan, maka jaringan pipa harus dibangun akan semakin banyak dan semakin panjang. Hal tersebut mengakibatkan banyaknya kekurangan dalam melakukan distribusi gas alam melalui jaringan pipa. Berikut beberapa kekurangan dalam melakukan distribusi gas alam melalui jaringan pipa:

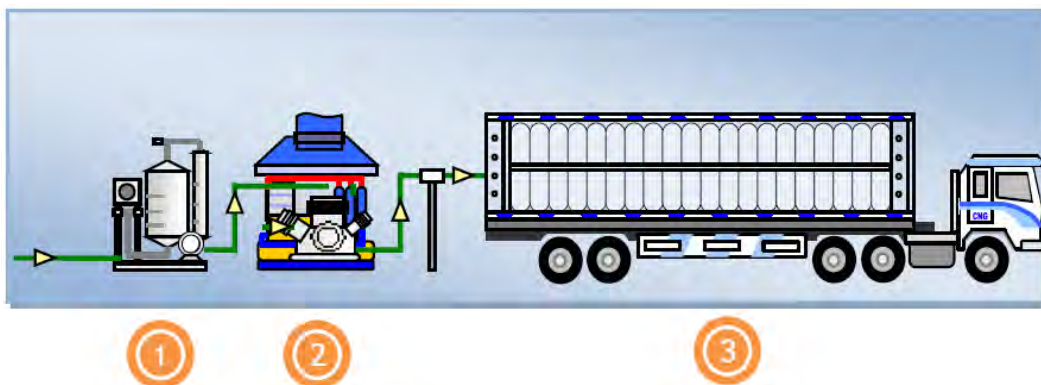
- a. Investasi yang tinggi, karena jarak antara sumber gas dan lokasi yang membutuhkan relatif jauh sehingga dibutuhkan jaringan pipa yang panjang
- b. Sumber gas alam yang kurang kontinyu karena keterbatasan sumur dan jaringan pipa yang ada
- c. Distribusi melalui pipa kurang fleksibel sehingga tidak dapat menjangkau seluruh area yang membutuhkan gas alam

Selain distribusi gas dengan menggunakan pipa, saat ini juga terdapat teknologi distribusi gas alam yang lebih fleksibel, yaitu dengan menggunakan *mobile cylinder* atau *Gas Transportation Module* (GTM). Pada proses distribusi ini CNG dikirim dalam tabung-tabung yang diangkut dengan menggunakan media transportasi seperti truk, trailer, dan sebagainya.

Dalam distribusi dengan menggunakan GTM, terdapat istilah *Mother-Daughter Station*. *Mother station* adalah tempat dimana GTM melakukan pengisian tabung-tabung CNG, sehingga letak *mother station* dapat dipastikan tidak jauh dari sumber gas. Sedangkan *daughter station* merupakan tempat tujuan alokasi CNG. Pada *daughter station*, CNG yang terdapat dalam tabung-tabung GTM ditransfer ke *Pressure Reducing Station* (PRS) untuk diatur tekanannya sesuai dengan kebutuhan pemakaian CNG.

Berikut ini merupakan gambaran singkat tentang konsep *Mother-Daughter Station*:

2.3.1 *Mother Station*

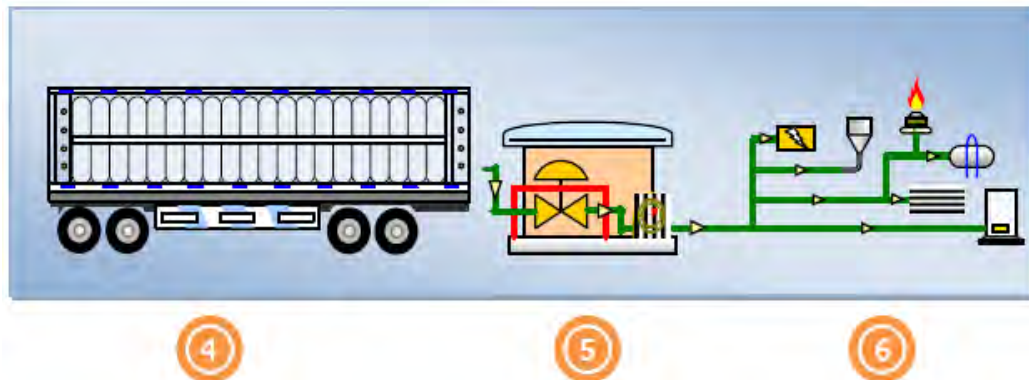


Gambar 2. 1 Proses pada *Mother Station* CNG (sumber: <http://bmicng.co.id/>)

Pada *mother station*, proses pengisian tabung CNG pada GTM dapat dibagi menjadi tiga tahap. Pada tahap awal, gas alam dari jaringan pipa yang awalnya bertekanan rendah antara 1-20 bar, masuk ke dalam *Scubber* dan *Dryer* yang berfungsi untuk mengurangi bahkan menghilangkan kandungan air di dalam gas alam, sehingga dapat menghilangkan kemungkinan terjadinya karat yang sangat berbahaya bagi peralatan CNG.

Selanjutnya, dengan menggunakan kompresor, gas alam dimampatkan dalam beberapa tahap hingga bertekanan tinggi antara 200-250 bar. Pada kompresor juga dilengkapi dengan *heat exchanger* yang berfungsi menurunkan temperatur gas alam yang naik akibat proses kompresi. Setelah tekanan dan temperatur CNG telah disesuaikan, CNG ditempatkan ke dalam tabung CNG pada GTM yang disambungkan satu sama lain.

2.3.2 Daughter station



Gambar 2.2 Proses pada *Daughter Station* CNG (sumber: <http://bmicng.co.id/>)

CNG yang telah berada di GTM kemudian dialokasikan pada tempat tertentu yang diperuntukkan untuk bongkar-muat CNG. Tempat bongkar-muat inilah yang dinamakan *daughter station*. Pada *daughter station*, tabung CNG pada GTM disambung dengan *Pressure Reducing Station* (PRS) yang berfungsi untuk menurunkan tekanan CNG secara bertahap dengan menjaga tekanan tetap stabil sesuai dengan yang diinginkan. Sama halnya dengan kompresor, pada PRS juga terpasang *heater* untuk menjaga kestabilan temperatur CNG.

Selain itu, pada umumnya tabung CNG ini juga disambungkan dengan alat pengukur (*metering*) untuk mencatat volume pemakaian CNG serta alat SCADA untuk memonitor, memberikan informasi, dan memberikan informasi tentang kondisi fisik dari CNG yang dapat dipantau dari *mother station*-nya. Setelah gas alam yang bertekanan rendah sesuai yang diinginkan keluar dari PRS, maka gas alam bisa digunakan untuk berbagai macam kebutuhan seperti:

- Pembangkit tenaga listrik skala kecil dan menengah baik untuk industri, gedung perkantoran, mall, maupun perumahan
- Mesin *boiler*, *oven*, *burner*, *dryer*, dan mesin-mesin industri lainnya
- CNG Gas (BBG) untuk kendaraan, baik kendaraan umum, komersial, maupun pribadi

2.4 Manajemen Persediaan

Manajemen persediaan dibutuhkan untuk mengatur jumlah kebutuhan benda/ barang yang disimpan hingga barang tersebut dibutuhkan. Setiap perusahaan, khususnya perusahaan manufaktur, membutuhkan manajemen

persediaan untuk menyimpan barang yang dibutuhkan. Barang tersebut dapat berupa material produksi, produk jadi, maupun kebutuhan CNG.

Menurut Silver (1998), pada manajemen persediaan terdapat empat kebijakan untuk menentukan kapan sebaiknya pengadaan dilakukan dan berapa jumlah pengiriman yang sebaiknya dilakukan.

a. Order Point, Order Quantity (s, Q) System

Pada sistem ini, pemesanan sejumlah Q akan dilakukan apabila jumlah persediaan lebih kecil sama dengan level s. Sehingga dapat disebutkan bahwa *trigger* dilakukan pemesanan adalah posisi persediaan saat ini. Parameter yang digunakan dalam kebijakan ini adalah s (level/ posisi persediaan dimana pemesanan harus dilakukan) dan Q (keputusan jumlah unit setiap pengiriman)

b. Order Point, Order Up to Level (s, S) System

Sistem ini hampir sama dengan sistem (s, S). Pada sistem ini apabila jumlah persediaan lebih kecil sama dengan level s, maka akan dilakukan pemesanan hingga jumlah persediaan sampai pada level S. Sama halnya dengan sistem (s, Q) yang menggunakan variabel *replenishment quantity* untuk meraih posisi *order up to level S*, dimana $S = s + Q$.

c. Periodic Review, Order Up to Level (R,S) System

(R, S) merupakan sistem persediaan dimana setiap peninjauan pada periode R, akan dilakukan pemesanan hingga persediaan mencapai posisi S. Prosedur pengendaliannya adalah setiap R unit waktu yang cukup dipesan untuk mencapai posisi persediaan pada level S.

d. (R, s, S) System

Sistem ini merupakan kombinasi antara sistem (s, S) dan (R, S). Pada sistem ini, ketika tingkat persediaan sampai pada tingkat s atau lebih rendah, maka akan dilakukan pemesanan sampai pada tingkat persediaan S, dan apabila di atasnya atau belum mencapai s, maka tidak akan dilakukan apapun sampai peninjauan R berikutnya.

2.5 Simulasi

Simulasi merupakan suatu permodelan yang digunakan untuk melakukan analisis pada suatu sistem yang kompleks. *The Oxford American Dictionary*

(1980) mendefinisikan simulasi sebagai cara untuk menampilkan kondisi dari suatu situasi, atau dapat dikatakan sebagai suatu model dari suatu situasi tertentu dengan tujuan untuk studi analisis, uji coba, dan sebagainya. Simulasi merupakan imitasi atau tiruan dari suatu sistem dinamik dengan menggunakan model komputer untuk mengevaluasi dan memperbaiki performansi dari suatu sistem (Schriber, 1987). Simulasi digunakan ketika kita ingin melakukan analisis terhadap suatu sistem yang sangat kompleks, yang tidak bisa diselesaikan oleh model matematika. Simulasi biasanya dilakukan dengan menggunakan program komputer, seperti Arena, Awesim, ProModel, AutoMod, dan lain-lain.

Berdasarkan karakternya terhadap waktu, simulasi dapat dibedakan menjadi simulasi statik dan simulasi dinamik. Simulasi statik merupakan simulasi yang tidak berdasarkan pada waktu. Simulasi static hanya mencakup *sample* acak untuk menghasilkan suatu hasil statistical, sehingga simulasi static biasanya disebut sebagai Simulasi Monte Carlo. Sedangkan simulasi dinamik mencakup lintasan waktu. Dalam simulasi dinamik, kondisi suatu sistem (*state*) dapat berubah seiring dengan adanya perubahan waktu. Simulasi dinamik merupakan mekanisme waktu, dimana variabel sistem akan ikut berubah seiring dengan perubahan waktu.

Selain itu, berdasarkan karakter variabelnya, simulasi dapat dibedakan menjadi stokastik/ probabilistik dan deterministik. Simulasi probabilistik merupakan simulasi yang memiliki satu atau lebih variabel *input* yang acak, sehingga hasil *output* simulasi tersebut merupakan hasil yang acak. Sedangkan simulasi deterministik memiliki variabel *input* yang telah ditentukan sebelumnya. Pada simulasi deterministik hasil *output* akan selalu menghasilkan nilai yang sama berdasarkan *input* yang dimasukkan.

Dalam simulasi probabilistik, simulasi dapat dibedakan lagi menjadi distribusi diskrit atau kontinyu. Perbedaan simulasi probabilistik diskrit dan kontinyu adalah dalam distribusi diskrit terdapat sejumlah nilai yang mungkin (*countable number of possible values*), misalnya jumlah item dalam satu lot, sedangkan distribusi kontinyu merepresentasikan suatu nilai yang terus menerus, misalnya waktu siklus mesin.

Dalam melakukan simulasi, hendaknya memperhatikan sifat atau karakter dari suatu sistem agar simulasi yang dilakukan benar-benar dapat merepresentasikan keadaan sebenarnya. Beberapa kelebihan dari metode simulasi adalah:

- Simulasi bersifat fleksibel dalam memodelkan suatu sistem, sekalipun sistem yang kompleks
- Dapat mempertimbangkan faktor ketidakpastian dalam memodelkan sistem
- Dapat merepresentasikan suatu kondisi dalam waktu tertentu
- Biaya dalam melakukan simulasi cenderung lebih murah
- Waktu yang dibutuhkan dalam melakukan simulasi lebih cepat

Selain kelebihan-kelebihan tersebut, simulasi juga memiliki kekurangan, yaitu hasil yang didapatkan bersifat tidak pasti, hanya berupa pendekatan atau estimasi. Pada simulasi probabilistik, hasil umumnya bersifat acak (*Random Input Random Output- RIRO*)

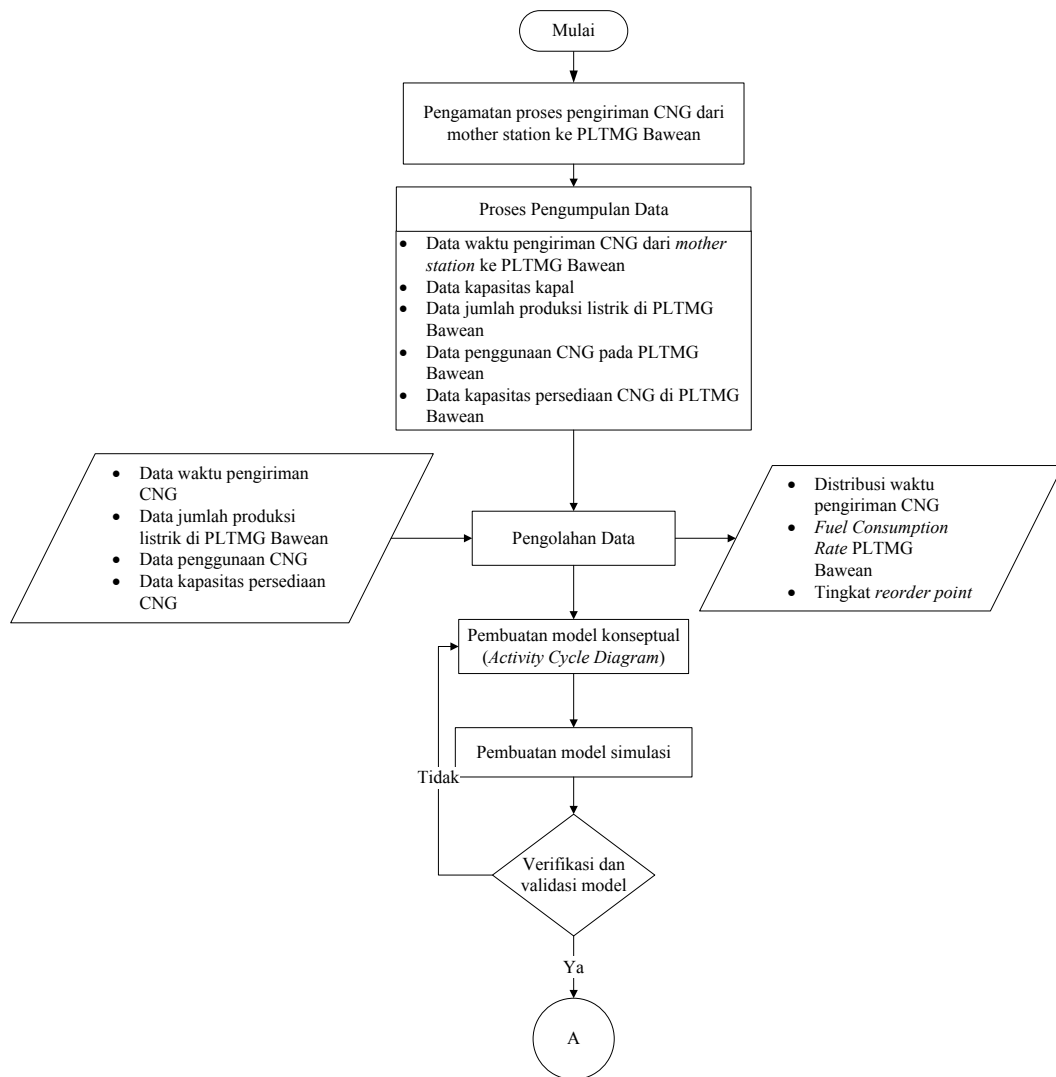
BAB 3

Metodologi Penelitian

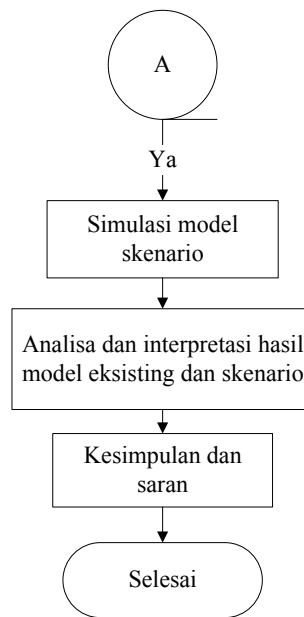
Pada bab ini akan dijelaskan mengenai metodologi yang digunakan selama penelitian. Terdapat beberapa tahapan yang akan dilakukan selama penelitian.

3.1 Flowchart Metodologi Penelitian

Berikut ini merupakan *flowchart* yang menggambarkan tahapan-tahapan yang akan dilakukan:



Gambar 3. 1 *Flowchart* Metodologi Penelitian



Gambar 3.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian (lanjutan)

3.2 Penjelasan *Flowchart*

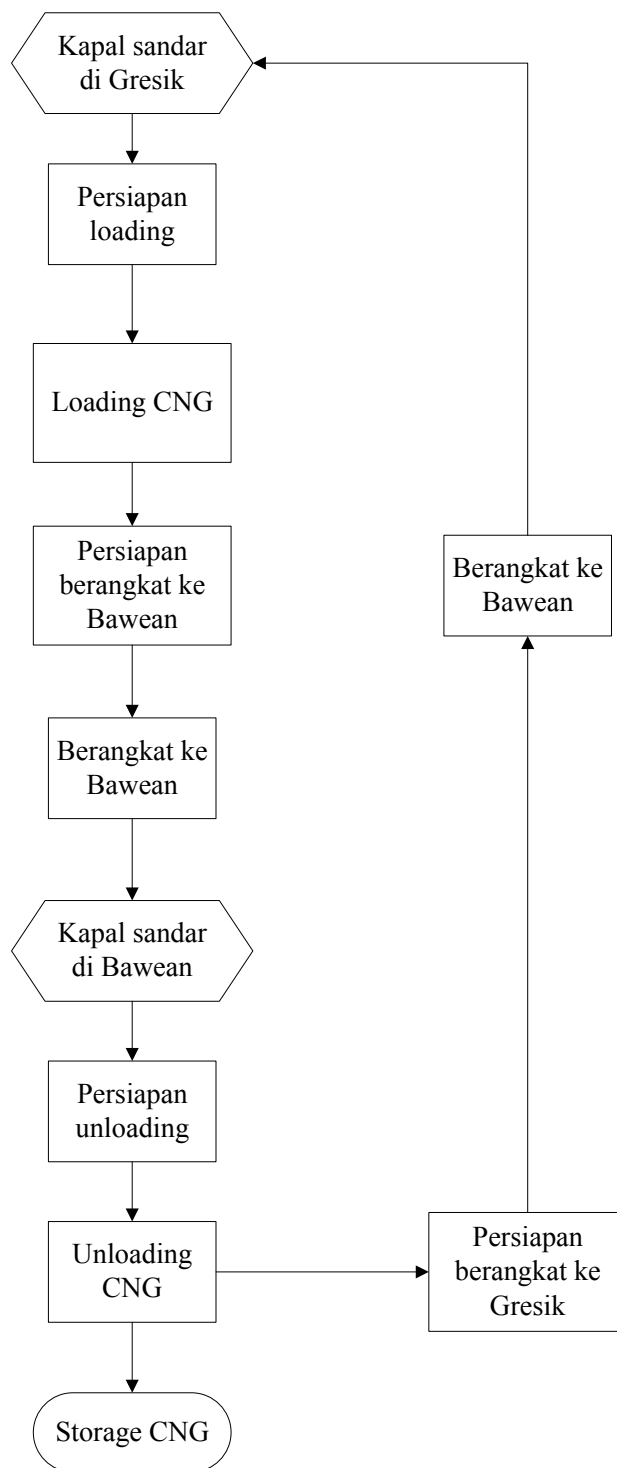
Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai *flowchart* metodologi penelitian.

3.2.1 Pengamatan Proses Pengiriman CNG ke PLTMG Bawean

Pada proses ini dilakukan pengamatan alur proses pengiriman CNG CNG dari *mother station* di Wunut, Porong menuju ke PLTMG Bawean. Dari pengamatan proses tersebut akan dibuat sebuah *activity cycle diagram* yang akan dijadikan dasar dalam pembuatan proses simulasi.

3.2.2 Pembuatan Model Konseptual

Pada proses ini akan dibuat model konseptual berdasarkan pengamatan proses pengiriman CNG yang telah dilakukan sebelumnya. Berikut ini merupakan *flowchart* yang dihasilkan berdasarkan hasil pengamatan:



Gambar 3.2 *Flowchart* Pengiriman CNG ke PLTMG Bawean

3.2.3 Proses Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini diperlukan beberapa data pendukung seperti: waktu pengiriman CNG, data kapasitas kapal, data kapasitas GTM, data jumlah

produksi listrik, data penggunaan CNG di PLTMG Bawean, serta data persediaan CNG di PLTMG Bawean.

Proses pengumpulan data dalam penelitian dilakukan dengan melakukan wawancara langsung dengan narasumber dari PT. PJB, yaitu salah satu manajer perencanaan TL. Selain itu juga terdapat beberapa data yang diambil dari *database* perusahaan.

3.2.4 Proses Pengolahan Data

Pada proses pengolahan data, data-data yang telah didapatkan diolah sesuai dengan kebutuhan simulasi. Data waktu pengiriman nantinya akan diolah dengan menggunakan *data analyzer* pada *software* ARENA untuk mendapatkan distribusi waktu dalam setiap proses pengiriman. Begitu pula dengan data jumlah produksi listrik dan penggunaan CNG CNG di PLTMG Bawean. Kedua data ini nantinya akan diolah untuk melihat *fuel consumption rate* pembangkit di Bawean. Sedangkan data kapasitas persediaan CNG digunakan untuk melihat kapan akan dilakukan *reorder* CNG agar kebutuhan CNG di PLTMG dapat selalu terpenuhi.

3.2.5 Pembuatan Model Simulasi

Pada tahap ini akan dibuat sebuah model simulasi berdasarkan *activity cycle diagram* yang telah dibuat sebelumnya. Model simulasi ini akan merepresentasikan proses pengiriman CNG ke Bawean dalam kondisi eksisting maupun pada kondisi skenario. Pada simulasi ini hanya berfokus pada proses pengiriman CNG melalui laut.

Pada simulasi ini nantinya juga akan merepresentasikan jumlah persediaan CNG di PLTMG Bawean, yang mana *reorder point* CNG nantinya akan menjadi *trigger* untuk dimulainya simulasi.

3.2.6 Verifikasi dan Validasi Model

Model simulasi yang telah dibuat selanjutnya akan diverifikasi untuk melihat apakah model tersebut bisa berjalan tanpa adanya *error*. Verifikasi dilakukan dengan menggunakan salah *tools* yang terdapat dalam *software* ARENA.

Apabila sudah tidak terdapat *error*, maka dilakukan simulasi model berdasarkan kondisi eksisting saat ini. Selanjutnya dari hasil *output* simulasi kondisi eksisting saat ini, dilakukan validasi untuk melihat apakah hasil *output* simulasi sudah sesuai dengan hasil proses pada kondisi sebenarnya.

Ketika hasil *output* simulasi tidak sesuai dengan kondisi sebenarnya, maka dapat dikatakan bahwa model tersebut belum valid, sehingga harus dilakukan pengamatan lagi pada proses pengiriman CNG ke PLTMG Bawean dan dilakukan perbaikan pada pembuatan model simulasi.

3.2.7 Simulasi Model Skenario

Apabila model simulasi telah sesuai dengan kondisi sebenarnya, tahap selanjutnya adalah melakukan simulasi model skenario. Pada penelitian ini, skenario yang digunakan adalah melakukan perubahan terhadap kapasitas pengiriman, dalam hal ini kapasitas yang diganti adalah kapasitas kapal pengangkut CNG.

3.2.8 Analisis dan Interpretasi Hasil

Pada tahap ini dilakukan analisis dan interpretasi dari hasil pengolahan data dan simulasi. analisis yang akan dilakukan adalah analisis kondisi eksisting saat ini, analisis hasil *output* simulasi skenario, dan perbandingan antara skenario-skenario yang dilakukan untuk menghasilkan kapasitas kapal pengangkut CNG yang optimal.

3.2.9 Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir dari penelitian ini adalah penarikan kesimpulan. Kesimpulan diambil berdasarkan hasil analisis yang disesuaikan dengan tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya. Setelah itu dilakukan pemberian saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB 4

Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada bab 4 ini akan dilakukan pengumpulan dan pengolahan data. Pengumpulan data terdiri dari pengenalan profil bisnis perusahaan, sistem pengadaan CNG pada PLTMG Bawean, *generate* estimasi kebutuhan CNG, serta pengembangan model.

4.1 Profil Bisnis Perusahaan

PT. Pembangkit Jawa Bali atau PT. PJB merupakan salah satu anak perusahaan dari PT. PLN yang bergerak pada bidang pembangkit listrik. Dalam menjalankan bisnisnya, PT. PJB menjalankan berbagai usaha dalam bidang utama terkait pembangkitan seperti jasa *Operation and Maintenance* pembangkit, *Engineering, Procurement, and Construction* (EPC), konsultan bidang pembangkitan, pendidikan dan pelatihan tata kelola pembangkitan, serta pendidikan dan pelatihan energi terbarukan.

Sesuai dengan nama perusahaan, PT. PJB merupakan perusahaan pembangkit listrik yang mana sasaran utamanya adalah untuk memenuhi kebutuhan listrik pada area Pulau Jawa dan Bali. Berikut ini merupakan produk-produk utama dari PT. PJB:

- Kesiapan Operasi unit pembangkit dengan mekanisme penyampaian dikirim langsung kepada pelanggan yang dinyatakan dengan EAF *declare*.
- Energi Listrik dengan mekanisme penyampaian dikirim langsung kepada pelanggan melalui saluran transmisi tenaga listrik berdasarkan kontrak jual beli.
- Jasa *Operation & Maintenance* (O&M) pembangkit dengan mekanisme penyampaian langsung kepada pelanggan melalui layanan pengoperasian dan pemeliharaan pembangkit berdasarkan kontrak O&M.

Tabel 4. 1 Produk Utama PT PJB

Produk PT. PJB	<i>Relative Importance to Organizational Success</i>
Kesiapan Operasi	Penerapan Tata Kelola Pembangkitan yang terintegrasi, mengadaptasi kaidah <i>world best practice</i> dalam O&M pembangkit berbasis sistem teknologi informasi.
Energi Listrik	
Jasa O & M	Penguasaan jasa O&M dengan didukung SDM yang kompeten di bidang O&M.

Agar kebutuhan listrik di area Pulau Jawa dapat terpenuhi, pada bulan September 2014, PT. PJB diberi kepercayaan oleh PT. PLN untuk mengelola PLTMG Bawean. PLTMG Bawean merupakan hasil rehab dari PLTD lama yang kemudian disesuaikan dengan desain PLTMG. Terdapat tiga buah pembangkit pada PLTMG Bawean dimana masing-masing pembangkit memiliki kapasitas 1 MW. Dalam menjalankan kegiatan operasionalnya, pembangkit pada PLTMG menggunakan CNG CNG yang dipasok dari terminal CNG di Gresik.

4.2 Sistem Pengadaan CNG dan Pemakaian CNG

Pulau Bawean terletak sekitar 120 kilometer di utara Gresik. Maka dari itu, dibutuhkan kapal untuk memasok CNG yang diambil dari terminal CNG di Gresik. Saat ini, pengiriman CNG dilakukan secara kontinyu dengan menggunakan satu kapal yang dapat memuat enam buah GTM (*Gas Transportation Module*). Enam GTM ini dapat menampung CNG sebanyak 16.000 m³ untuk setiap kali pengiriman.

Berikut ini merupakan tabel rekapitulasi pasokan CNG ke PLTMG Bawean pada Bulan Desember 2014:

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Pasokan CNG Bulan Desember 2014

Tanggal	Volume Terima (m ³)	Volume Pemakaian (m ³)	Persediaan (m ³)
			8640.48
1	0	6181.49	2458.99
2	16000	5164.59	13294.4

Tanggal	Volume Terima (m ³)	Volume Pemakaian (m ³)	Persediaan (m ³)
3	0	5759.19	7535.21
4	16000	6232.25	17302.96
5	0	6355.92	10947.04
6	16000	7088.34	19858.7
7	0	5816.01	14042.69
8	0	6191.84	7850.85
9	16000	5563.86	18286.99
10	0	4479.43	13807.56
11	0	1697.58	12109.98
12	0	2799.62	9310.36
13	16000	6167.32	19143.04
14	0	5637.8	13505.24
15	16000	6910.07	22595.17
16	0	6793.12	15802.05
17	16000	8012.4	23789.65
18	0	6106.01	17683.64
19	16000	6920.91	26762.73
20	0	7462.13	19300.6
21	16000	7026.51	28274.09
22	0	7432.88	20841.21
23	0	6893.96	13947.25
24	16000	6856.08	23091.17
25	0	7375.79	15715.38
26	0	7990.65	7724.73
27	16000	7328.95	16395.78
28	0	6519.91	9875.87
29	0	6165.5	3710.37
30	16000	3354.82	16355.55
31	0	10704.87	5650.68
Total	192000	194989.8	

Pengiriman CNG ke Pulau Bawean ini dilakukan secara kontinyu. Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa pengadaan CNG dilakukan dalam rentang waktu 2-3 hari. Rentang waktu pengiriman ini dapat dikatakan *lead time* pengiriman. *Lead time* pengiriman ini sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca di laut. Apabila gelombang tinggi, maka kapal tidak bisa melakukan pengiriman CNG dan harus menunggu hingga cuaca dapat dikatakan aman untuk berlayar.

Sehingga dapat dikatakan bahwa *lead time* merupakan salah satu faktor ketidakpastian dalam proses pengiriman ini.

Selain itu, dapat dilihat juga bahwa jumlah kebutuhan CNG setiap harinya tidak konstan. Dari tabel 4.2 dapat dilihat jumlah permintaan terendah adalah sebesar 1697.58 m³, sedangkan jumlah permintaan tertinggi adalah sebesar 10704.87 m³. Terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara nilai tertinggi dan terendah pada jumlah kebutuhan CNG di Pulau Bawean. Hal ini sangat dipengaruhi oleh *fuel consumption rate* pada PLTMG Bawean setiap harinya.

4.3 Generate Estimasi Konsumsi CNG per Hari

PLTMG Bawean memiliki kapasitas pembangkit sebesar 3 x 1 MW. Dengan kapasitas tersebut, perusahaan memiliki ekspektasi bahwa PLTMG Bawean dapat beroperasi pada *capacity factor* 80%. PLTMG Bawean merupakan pembangkit dengan sistem operasi *base load*, sehingga waktu operasi PLTMG Bawean adalah selama 24 jam sehari.

Dengan *capacity factor* sebesar 80%, maka target produksi listrik pada PLTMG Bawean adalah sebesar 57600 Kw. Berikut ini merupakan perhitungan target produksi listrik:

$$\text{Target produksi/ hari} = 3000 \text{ Kw} \times 24 \text{ jam} \times 80\% = 57600 \text{ Kw}$$

Jumlah konsumsi CNG/ hari sangat dipengaruhi oleh *Specific Fuel Consumption* pembangkit. *Specific Fuel Consumption* merupakan perbandingan antara hasil produksi listrik yang dihasilkan dengan jumlah konsumsi CNG pada satu hari. Berdasarkan data konsumsi CNG selama tiga bulan, rata-rata SFC pada PLTMG Bawean adalah 0.31 m³/Kw, dengan standar deviasi sebesar 0.006.

Estimasi jumlah konsumsi CNG pada PLTMG Bawean merupakan hasil kali antar SCF dan target produksi listrik/ hari. Sehingga melalui hasil perhitungan dan *fitting* distribusi, estimasi jumlah konsumsi CNG memiliki distribusi sebagai berikut NORM(1.79e+004, 346) m³. Berdasarkan distribusi tersebut, maka didapatkan rata-rata konsumsi CNG/ hari adalah sebesar 17856 m³ \approx 18000 m³.

4.4 Pengembangan Model

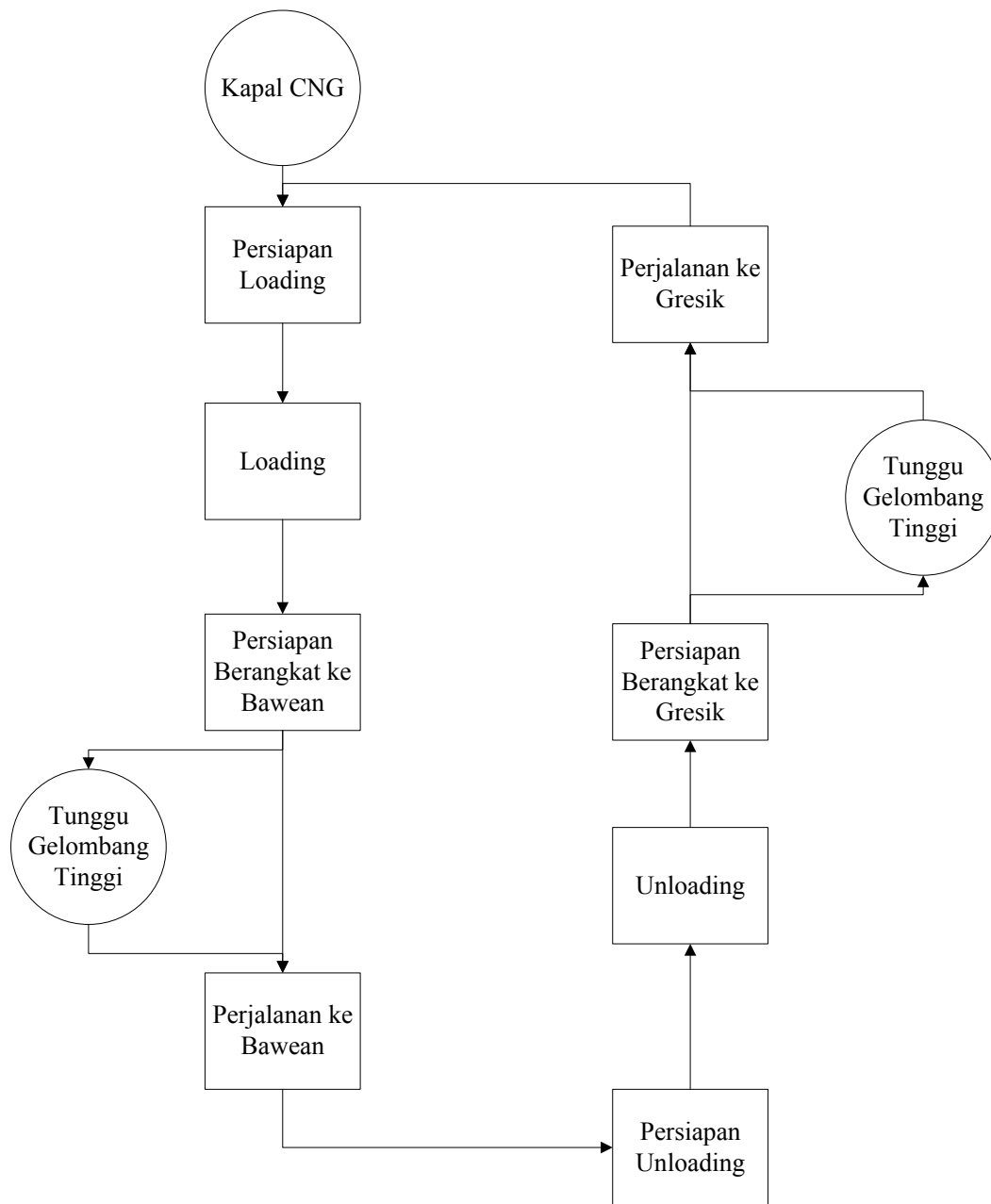
Pada subbab ini akan dibahas mengenai model simulasi dari kondisi eksisting pengiriman CNG ke Pulau Bawean. Tahap awal dalam pembuatan

model simulasi ini adalah membuat *Activity Cycle Diagram* (ACD) berdasarkan kondisi eksisting pengiriman CNG. Selanjutnya adalah melakukan *fitting* distribusi dari masing-masing proses yang terdapat di dalam ACD.

Model simulasi akan dibuat dengan menggunakan *software* ARENA 14. Rancangan model selanjutnya akan diverifikasi dan divalidasi untuk memastikan bahwa rancangan model sudah sesuai dengan kondisi eksisting.

4.4.1 Pembuatan *Activity Cycle Diagram*

Activity cycle diagram di sini menggambarkan konsep proses pengiriman CNG ke Pulau Bawean. Berdasarkan gambar 4.2 terdapat beberapa kegiatan selama proses pengiriman CNG ke Pulau Bawean, yaitu: persiapan *loading*, *loading* CNG ke kapal, persiapan berangkat ke Bawean, perjalanan ke Bawean, dan seterusnya hingga kembali lagi ke Gresik. Persiapan *loading* dan *unloading* meliputi kegiatan seperti menunggu kapal sandar dan *set up* alat. Sedangkan persiapan keberangkatan kapal meliputi kegiatan pengurusan surat-surat kesyahbandaran.



Gambar 4. 1 Activity Cycle Diagram Pengiriman CNG ke PLTMG Bawean

CNG yang dikirim ke Bawean nantinya akan masuk ke sistem *storage* yang selanjutnya akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan CNG pada pembangkit listrik di Bawean.

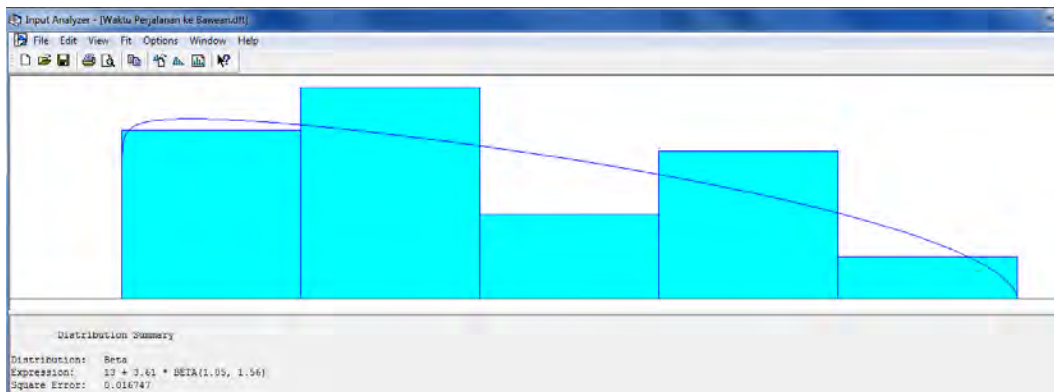
4.4.2 Fitting Distribusi Data

Fitting distribusi akan dilakukan pada data waktu proses pengiriman dan kebutuhan CNG pada PLTMG Bawean. Berikut ini merupakan data waktu masing-masing proses yang digunakan dalam pembuatan model simulasi:

Tabel 4. 3 Data Waktu Proses Pengiriman CNG (dalam jam)

Kegiatan	Waktu Persiapan Loading	Waktu Loading	Waktu Persiapan Berangkat	Waktu Perjalana n Gresik- Bawean	Waktu Persiapan Unloading	Waktu Unloading	Waktu Tunggu Kembali	Waktu Perjalana n Bawean- Gresik
Supply CNG 1	0.50	13.58	11.08	15.72	0.33	1.43	18.65	14.98
Supply CNG 2	0.60	16.50	0.75	16.28	5.97	1.10	11.15	16.25
Supply CNG 3	0.50	13.12	34.13	15.75	0.18	1.32	14.67	19.17
Supply CNG 4	0.50	14.25	0.50	15.30	0.13	1.33	26.32	17.07
Supply CNG 5	0.10	13.08	12.83	15.92	0.40	1.28	3.13	17.60
Supply CNG 6	0.32	18.17	5.58	15.33	1.57	8.85	0.15	13.00
Supply CNG 7	0.50	16.92	11.17	15.10	0.23	1.28	5.57	15.90
Supply CNG 8	0.25	16.00	5.37	13.83	0.37	1.60	3.25	13.50
Supply CNG 9	2.07	14.52	0.93	13.53	0.65	0.88	5.75	13.25
Supply CNG 10	0.45	12.63	12.25	13.50	0.03	1.88	10.42	13.83
Supply CNG 11	1.33	13.42	0.33	13.40	7.30	1.05	0.58	14.17
Supply CNG 12	0.83	11.48	0.52	13.78	4.73	1.50	0.30	13.35
Supply CNG 13	0.58	16.75	11.68	14.87	0.50	2.47	0.80	13.35
Supply CNG 14	0.25	14.67	0.63	14.77	0.68	1.15	11.10	18.67
Supply CNG 15	0.33	6.22	1.37	15.03	0.55	2.75	2.00	18.08
Supply CNG 16	0.17	12.50	12.97	14.43	0.33	1.83	9.43	13.25
Supply CNG 17	0.50	10.00	0.58	13.67	1.12	1.63	10.22	14.48
Supply CNG 18	0.55	9.00	0.63	13.45	0.25	8.58	0.53	14.13
Supply CNG 19	1.17	16.00	12.90	15.85	0.75	8.00	2.38	16.12
Supply CNG 20	0.33	9.00	2.17	13.07	6.02	2.08	2.45	15.72
Supply CNG 21	0.50	7.33	1.00	13.80	5.97	1.03	7.03	14.08
Supply CNG 22	0.67	10.75	13.20	15.47	0.92	2.25	28.00	13.67
Supply CNG 23	4.17	6.33	1.08	15.33	2.17	8.05	1.12	13.42
Supply CNG 24	1.50	9.42	3.13	14.03	4.30	4.67	0.53	13.75
Supply CNG 25	0.75	8.50	0.42	13.75	0.75	6.68	3.15	13.03
Supply CNG 26	1.97	7.80	0.43	13.53	7.75	2.40	3.15	15.10
Supply CNG 27	0.25	6.58	0.48	13.73	8.97	2.15	0.88	16.20
Supply CNG 28	0.25	7.50	2.12	14.33	4.38	0.75	0.35	19.57
Supply CNG 29	0.25	6.50	1.85	13.57	4.92	1.93	0.82	17.92
Supply CNG 30	0.25	8.25	0.37	13.88	3.67	2.28	0.32	16.33

Fitting distribusi dilakukan dengan menggunakan *Input Analyzer*, salah satu *software* pendukung pada ARENA 14. Berikut ini merupakan salah satu hasil *fitting* distribusi:



Gambar 4. 2 *Fitting* Distribusi Waktu Perjalanan ke Bawean

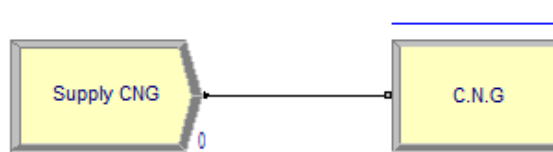
Hasil *fitting* distribusi ini selanjutnya akan dimasukkan pada modul-modul proses yang terdapat pada rancangan model ARENA. Berikut ini merupakan hasil *fitting* distribusi untuk data-data lainnya:

Tabel 4. 4 Hasil *Fitting* Distribusi Data

No	Data	Distribusi
1	Waktu Persiapan Loading	LOGN(0.549, 0.407)
2	Waktu Loading	6 + LOGN(3.37, 4.74)
3	Waktu Persiapan ke Bawean	LOGN(1.16, 1.14)
4	Waktu Perjalanan ke Bawean	13 + 3.61 * BETA(1.05, 1.56)
5	Waktu Persiapan Unloading	9 * BETA(0.486, 1.06)
6	Waktu Unloading	LOGN(2.67, 2.08)
7	Waktu Persiapan ke Gresik	15 * BETA(0.576, 1.49)
8	Waktu Perjalanan ke Gresik	13 + 7 * BETA(0.59, 1.39)
9	Kebutuhan CNG Eksisting	NORM(5.63, 1.67)

4.4.3 Pembuatan Model ARENA

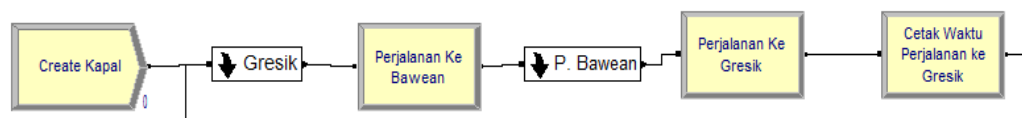
Dalam pembuatan simulasi ARENA akan dibuat tiga model utama yang akan mewakili kondisi eksisting. Konsep pada pembuatan model ini akan menggunakan konsep *pick up* dan *drop off*, di mana kapal akan mengambil (*pick up*) CNG dari pemasok yang terdapat di Gresik yang kemudian dikirim dan di *drop off* di *storage* CNG di PLTMG Bawean.



Gambar 4. 3 Model Pasokan CNG

Gambar 4.3 merupakan model pertama yang merepresentasikan pasokan CNG yang pada penelitian ini diasumsikan selalu tersedia. Proses *pick up* akan dilakukan dengan mengambil entitas dari model ini. Pada model ini entitas CNG bersifat diskrit, dimana 1 entitas CNG mewakili 1 km³ CNG.

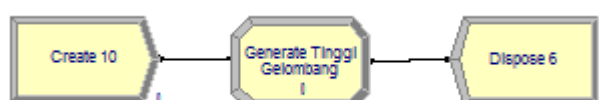
Sedangkan untuk model yang kedua akan merepresentasikan siklus kapal yang mengirimkan CNG dari Gresik ke Pulau Bawean. Pada model ini juga akan dipertimbangkan kemungkinan adanya gelombang tinggi yang dapat menunda proses pengiriman CNG.



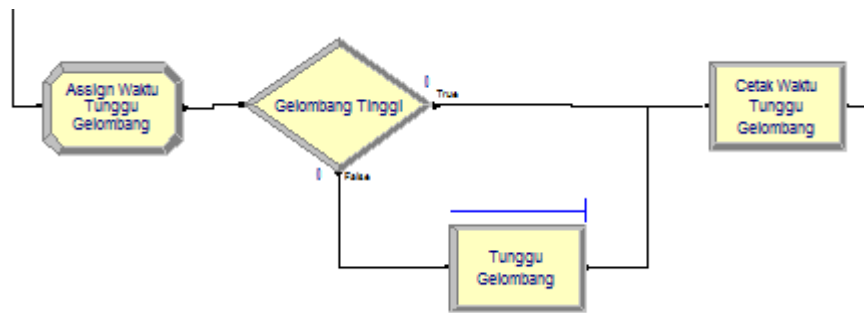
Gambar 4. 4 Model Siklus Kapal

Pada model ini tidak terdapat modul *dispose* karena kapal terus melakukan siklus dalam sistem atau dengan kata lain tidak keluar dari sistem. Di dalam sub modul Gresik akan dilakukan proses *loading*. Proses *loading* pada model ini dilakukan dengan menggunakan konsep *pick up* di mana kapal akan mengambil CNG dari pemasok sesuai dengan kapasitas kapal. Sedangkan proses *unloading* dilakukan pada submodel P. Bawean. Pada submodel ini CNG akan di *drop off* dan akan masuk dalam *storage* yang menggunakan modul *hold*.

Pada simulasi ini juga akan dipertimbangkan faktor ketidakpastiaan cuaca. Oleh karena itu dilakukan penambahan model untuk *generate* tinggi gelombang selama 3 bulan. Berikut ini merupakan model untuk *generate* tinggi gelombang berdasarkan data tinggi gelombang tahun 2014:



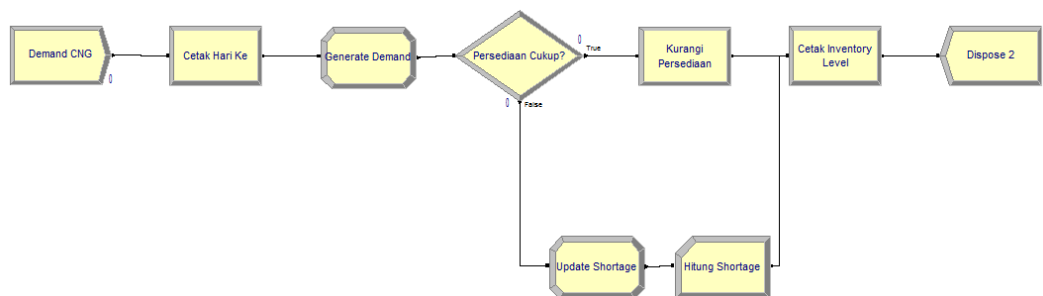
Gambar 4. 5 Model *Generate* Tinggi Gelombang



Gambar 4. 6 Modul *Decision* Keberangkatan Kapal berdasarkan Tinggi Gelombang

Gambar 4.5 merupakan model yang digunakan untuk membaca data ketinggian gelombang selama tiga bulan. Sedangkan gambar 4.6 merupakan modul untuk menentukan keberangkatan kapal yang jika terjadi gelombang tinggi (≥ 2 meter) maka kapal tidak dapat berangkat, dan sebaliknya. Modul ini terdapat pada submodel Gresik dan Bawean

Model yang keempat merupakan model *demand*. Pada model ini nantinya akan dilakukan *generate demand* berdasarkan hasil dari *fitting* distribusi kebutuhan CNG pada PLTMG Bawean. Model ini nantinya akan mengurangi CNG yang terdapat pada modul *hold (storage)*. Berikut ini merupakan model *demand* pada rancangan model simulasi pengiriman di Bawean.

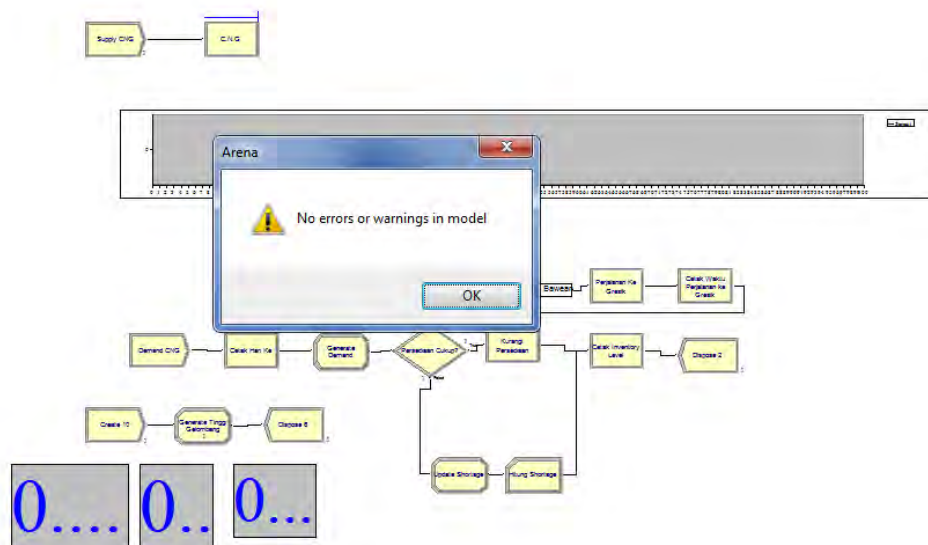


Gambar 4. 7 Model *Demand*

Modul *decision* berfungsi untuk menentukan apakah jumlah CNG di *storage* dapat memenuhi *demand*. Apabila jumlah *storage* lebih dari *demand*, maka entitas *demand* akan mengurangi jumlah CNG pada *storage*. Sebaliknya, apabila jumlah CNG sama dengan nol, maka terjadi *shortage* dimana kebutuhan CNG tidak dapat terpenuhi.

4.4.4 Verifikasi Model

Verifikasi dilakukan untuk melihat ada atau tidaknya *error* pada rancangan model. Verifikasi kali ini dilakukan dengan menggunakan *ARENA system debugger*. Pengecekan dilakukan dengan memilih *Run – Check Model* atau langsung dapat menekan tombol F4. Apabila tidak terdapat *error*, maka akan model telah dapat di *running*. Berikut ini merupakan *dialog* hasil pengecekan rancangan model.



Gambar 4. 8 Verifikasi Model Eksisting - ARENA System Debugger

Selain menggunakan *ARENA System Debugger*, verifikasi juga dilakukan pada pengecekan pada modul-modul yang digunakan. Pengecekan dilakukan untuk melihat apakah satuan yang digunakan telah sesuai satu sama lain. Selain itu juga untuk melihat apakah fungsi pada modul-modul yang digunakan telah sesuai dengan rancangan sistem. Berikut ini merupakan verifikasi dari modul ARENA:

Process - Basic Process								
	Name	Type	Action	Delay Type	Units	Allocation	Expression	Report Statistics
1 ▶	Loading	Standard	Delay	Expression	Hours	Value Added	$6 + \text{LOGN}(3.37, 4.74)$	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Persiapan Loading	Standard	Delay	Expression	Hours	Value Added	$\text{LOGN}(0.549, 0.407)$	<input checked="" type="checkbox"/>

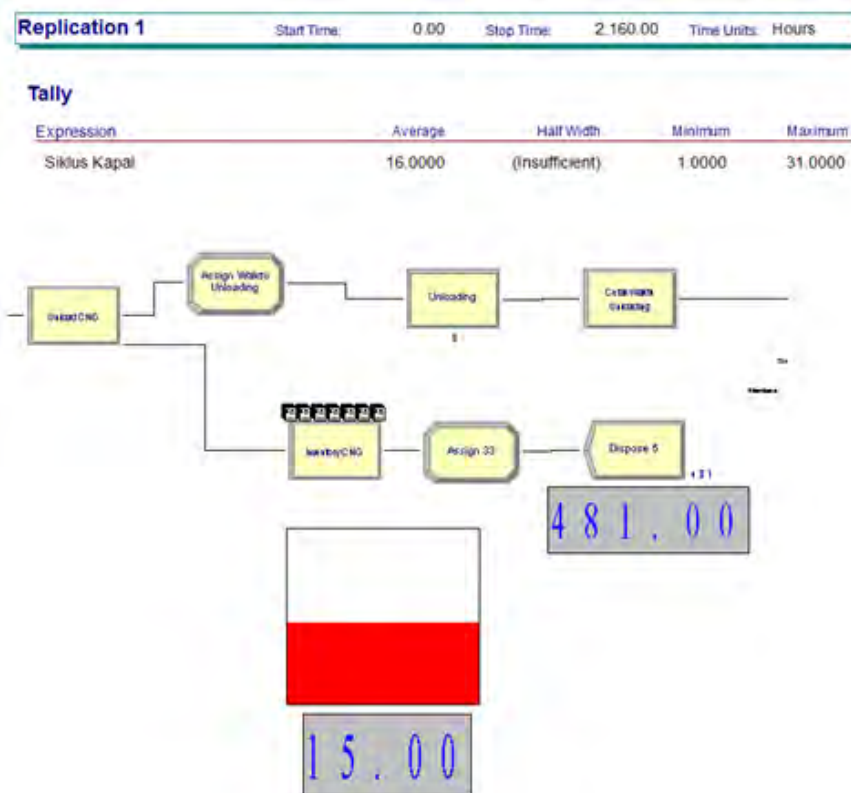
Gambar 4. 9 Verifikasi Model ARENA - Modul *Process*

Delay - Advanced Process				
	Name	Allocation	Delay Time	Units
1 ▶	lyn Syah bandar	Wait	NORM(24,4)	Hours
2	Persiapan Berangkat ke Bawean	Value Added	LOGN(1.16, 1.14)	Hours

Delay - Advanced Process				
	Name	Allocation	Delay Time	Units
1 ▶	Perjalanan Ke Bawean	Value Added	$13 + 3 * \text{BETA}(1.05, 1.56)$	Hours
2	Perjalanan Ke Gresik	Value Added	$13 + 7 * \text{BETA}(0.59, 1.39)$	Hours

Gambar 4. 10 Verifikasi Model ARENA - Modul *Delay*

Pada gambar 4.9 dan gambar 4. 10 dapat dilihat bahwa nilai yang digunakan dari masing-masing proses sudah sesuai dengan *fitting distribusi* yang telah dilakukan sebelumnya. Selain itu juga sudah tidak terdapat perbedaan pada satuan waktu yang digunakan, yaitu jam.



Gambar 4. 11 Verifikasi Model ARENA – Perbandingan *Input- Output*

Verifikasi juga dilakukan dengan membandingkan jumlah *input- output* CNG yang ada dalam *storage*. Berdasarkan hasil *report*, dapat dilihat bahwa kapal melakukan 31 kali siklus, dimana masing-masing siklus kapal membawa 16000 m³ CNG. Sehingga dapat dikatakan jumlah *input* CNG ke *storage* adalah sebesar 31 x 16000 m³ = 496000 m³. Sedangkan dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa CNG yang keluar adalah sejumlah 481000 m³ serta jumlah CNG yang masih terdapat dalam *storage* adalah 15000 m³. Berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat bahwa *input* dan *output* sistem telah sesuai dengan rancangan yang dibuat.

4.4.5 Validasi Model

Validasi model dilakukan untuk melihat apakah model sudah dapat menggambarkan kondisi eksisting dari pengiriman CNG ke PLTMG Bawean. Validasi dilakukan dengan melihat jumlah pengiriman yang dilakukan kapal ke Pulau Bawean selama tiga bulan. Model dikatakan sudah valid apabila jumlah pengiriman kapal pada model dan pada kondisi tidak menunjukkan perbedaan secara signifikan.

Metode validasi yang digunakan adalah *Welch Confidence Interval*. Pada metode ini jumlah sampel dan variansi pada masing-masing populasi tidak harus sama, namun masing-masing populasi harus saling bebas dan berdistribusi normal baik dalam populasi maupun antar populasi. Hipotesa yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} H_0: \mu_1 - \mu_2 &= 0 \\ H_0: \mu_1 - \mu_2 &\neq 0 \end{aligned} \quad (4.1)$$

Berikut ini merupakan jumlah pengiriman pada kondisi eksisting dan hasil replikasi rancangan model dengan jumlah replikasi awal sebanyak 30 kali.

Tabel 4. 5 Hasil Kondisi Eksisting dan *Output* Simulasi Eksisting

Replikasi	Kondisi Eksisting (X1)	Model (X2)
1	30	31
2	30	28
3		29
4		29

Replikasi	Kondisi Eksisting (X1)	Model (X2)
5		30
6		28
7		29
8		31
9		30
10		30
11		29
12		31
13		30
14		30
15		30
16		30
17		31
18		28
19		31
20		29
21		31
22		31
23		30
24		29
25		31
26		30
27		29
28		30
29		29
30		28
<i>Sample mean</i>	30	29.733
<i>Sample standard deviation</i>	0	1.015
<i>Sample variance</i>	0	1.030
N	2	30
n-1	1	29

Perhitungan *Welch Confidence Interval* untuk *level of significant* $\alpha = 0,05$ adalah sebagai berikut:

$$df \approx \frac{\left[\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} \right]^2}{\frac{[s_1^2/n_1]^2}{(n_1-1)} + \frac{[s_2^2/n_2]^2}{(n_2-1)}} \quad (4.2)$$

$$df \approx \frac{\left[0 + \frac{1.030}{30} \right]^2}{0 + \frac{[1.030/30]^2}{29}}$$

$$df \approx \frac{0.001179}{4.06384 \times 10^{-5}}$$

$$df \approx 29$$

Setelah didapatkan df, dilanjutkan dengan melakukan perhitungan *half width*.

$$hw = t_{df, \alpha/2} \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}} \quad (4.3)$$

$$hw = 2.045 \sqrt{0 + \frac{1.030}{30}}$$

$$hw = 0.3789$$

Welch Confidence Interval didapatkan dengan rumus sebagai berikut:

$$P[(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - hw \leq \mu_1 - \mu_2 \leq (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) + hw] = 1 - \alpha \quad (4.4)$$

$$P[-0.112 \leq \mu_1 - \mu_2 \leq 0.646] = 1 - \alpha$$

Berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat bahwa nilai 0 terletak di antara batas-batas interval, sehingga hipotesa $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ dapat diterima. Kesimpulan yang didapatkan adalah tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kondisi eksisting dan rancangan model.

4.4.6 Perhitungan Jumlah Replikasi

Perhitungan jumlah replikasi dilakukan dengan menggunakan nilai *half width* yang didapatkan pada subbab 4.4.5. Berikut ini merupakan perhitungan jumlah replikasi yang diperlukan:

$$n' = \left[\frac{(Z_{\alpha/2}) \times s}{half\ width\ h} \right]^2 \quad (4.5)$$

dimana:

n' = jumlah replikasi

tingkat kepercayaan = 95%, $\alpha = 5\%$

$$Z_{\alpha/2} = Z_{0.025} = 1.959$$

re = *relative error* = 10%

s = standar deviasi = 1.015

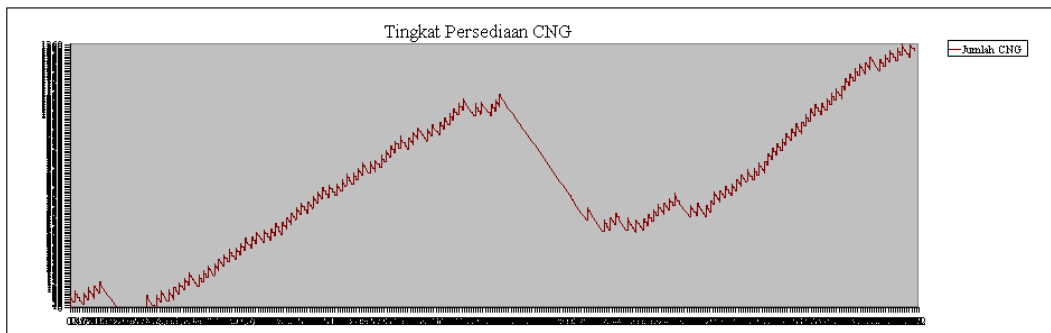
half width = 0.3789

$$n' = \left[\frac{(1.959) \times 1.015}{0.3789} \right]^2$$

$$n' = 27.558 \approx 28 \text{ replikasi}$$

4.5 Simulasi Kondisi Eksisting

Simulasi kondisi eksisting akan dilakukan dengan mempertimbangkan estimasi kebutuhan CNG pada *Capacity Factor* 80% yang telah dihitung pada subbab sebelumnya. Pada simulasi ini, kapal yang akan beroperasi adalah kapal yang memiliki kapasitas $60.000 \text{ m}^3 = 60 \text{ km}^3$. Simulasi ini dilakukan untuk melihat berapa rata-rata jumlah persediaan CNG rentang waktu satu tahun. Pada kondisi ini kegiatan distribusi waktu *loading* mengikuti distribusi NORM (1.8, 0.2). Hal ini dikarenakan pada kondisi eksisting ini diasumsikan telah terdapat *storage* CNG di Gresik, sehingga waktu *loading* menjadi lebih singkat.



Gambar 4. 12 Skema Pengadaan CNG pada Kondisi Eksisting

Pada kondisi eksisting, pengiriman CNG dilakukan secara kontinyu. Berdasarkan hasil simulasi pada gambar 4.12, dapat dilihat bahwa terjadi penumpukan pada *storage* CNG dengan jumlah siklus kapal sebanyak 124 kali.

Oleh karena itu, akan dilakukan skenario perbaikan untuk menentukan pola operasi kapal agar jumlah pada *inventory level* dapat optimal (tidak terjadi

penumpukan maupun *shortage*) dan skenario apabila terdapat cuaca ekstrim dimana kapal tidak bisa berlayar selama lebih dari lima hari.

4.6 Simulasi Model Skenario

Simulasi model skenario dilakukan untuk menentukan bagaimana pola operasi kapal dengan jumlah pengiriman sebesar 60 km³ dan tingkat *demand* berdasarkan hasil estimasi *generate demand* pada CF = 80%. Model skenario akan dilakukan berdasarkan dua kebijakan yang terdapat dalam manajemen persediaan, yaitu: sistem *continuous review* dan *periodic review*. Pada *continuous review*, pola pengiriman kapal ditentukan berdasarkan titik *reorder point*. Sedangkan pada *periodic review* pengiriman kapal dilakukan pada rentang waktu tertentu.

Berikut ini merupakan rincian dari perancangan skenario:

a. Skenario 1

Skenario 1 dilakukan berdasarkan *continuous review*, dimana pengiriman dilakukan apabila jumlah persediaan berada pada titik *reorder point*. Pada skenario ini *reorder point* ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Reorder\ point = lead\ time\ demand + safety\ stock$$

$$Reorder\ point = LT \times D + Z \times \sigma_{LTD}, \quad (4.6)$$

$$\sigma_{LTD} = \sqrt{LT \times \sigma_D^2 + D^2 \times \sigma_{LT}^2} \quad (4.7)$$

Dengan:

LT = *lead time*

D = *demand*

Z = nilai probabilitas persentase *service level* dan *shortage*

σ_D = standar deviasi *demand*

σ_{LT} = standar deviasi *lead time*

Berdasarkan persamaan (4.6) dan persamaan (4.7) serta data yang ada, maka hasil perhitungan nilai *reorder point* adalah sebagai berikut:

$$Reorder\ point = (LT \times D) + Z \times \sqrt{(LT \times \sigma_D^2) + (D^2 \times \sigma_{LT}^2)}$$

$$Reorder\ point = (2.45 \times 18000) + 1.64 \times \sqrt{(2.45 \times 348.05^2) + (18000^2 \times 0.54^2)}$$

$$Reorder\ point \approx 55000\ m^3$$

Sehingga kapal akan melakukan pengiriman sebesar $60000\ m^3$ apabila jumlah persediaan telah mencapai titik $55000\ m^3$. Pada pola pengiriman dengan metode ini maka kapal harus *stand by* setiap hari, untuk dapat mengantisipasi apabila terdapat *order*.

b. Skenario 2

Pada skenario 2, terjadi perubahan pada nilai *reorder point*. Pada skenario ini nilai *reorder point* ditingkatkan menjadi $65000\ m^3$ dengan tujuan agar tingkat *safety stock* dapat ditingkatkan dan mengurangi terjadinya *reorder point*. Sama dengan skenario sebelumnya pada skenario ini kapal akan melakukan pengiriman apabila jumlah persediaan berada di bawah atau sama dengan *reorder point*. Jumlah CNG yang dikirim yaitu sesuai dengan kapasitas kapal, sebesar $60000\ m^3$.

c. Skenario 3

Skenario ketiga dilakukan dengan menggunakan sistem *periodic review*, dimana kapal akan melakukan pengiriman dalam rentang waktu tertentu. Untuk skenario sistem periodik, rentang waktu pengiriman ditentukan dengan menghitung *lead time demand*. Jumlah rata-rata kebutuhan konsumsi adalah $18000\ m^3$ (pembulatan ke atas). Kapasitas pengiriman kapal adalah $60000\ m^3$, sehingga *lead time demand* didapatkan sebagai berikut: $60000 / 18000 = 3.333 \approx 3.5$ hari.

Pada skenario ketiga ini jumlah CNG yang akan dikirim disesuaikan dengan selisih antara target *stock level* dengan jumlah persediaan *on hand* saat ini. Target *stock level* yang digunakan dalam kasus ini adalah sebesar kapasitas maksimum *storage* yang terdapat pada PLTMG Bawean, yaitu sebesar $120000\ m^3$.

d. Skenario 4

Pada skenario keempat dilakukan dengan menggunakan sistem *periodic review* dimana rentang waktu pengiriman dibuat menjadi lebih singkat, yaitu selama 3 hari sekali. Hal ini bertujuan agar kapasitas kapal dapat memenuhi selisih antara target *stock level* dan persediaan *on hand*. Selain itu, dengan makin

singkatnya jadwal waktu pengiriman maka diharapkan *safety stock* dapat semakin meningkat dan dapat mengurangi jumlah *shortage*.

e. Skenario 5

Pada skenario kelima ini masih menggunakan sistem *periodic review*. Hal ini dikarenakan pada sistem *periodic review* keberangkatan kapal lebih terjadwal sehingga kapal tidak harus *stand by* setiap hari untuk menunggu adanya *order*. Sama halnya dengan skenario 3, pengiriman kapal dilakukan dalam rentang waktu 3.5 hari sekali. Namun pada skenario ini jumlah CNG yang dikirim adalah sejumlah kapasitas kapal, yaitu 60000 m³. Pada skenario dengan jumlah muatan CNG *fixed*, maka terdapat kemungkinan jumlah yang dikirim akan melebihi kapasitas *storage*. Oleh karena itu pada skenario ini kapal tidak bisa langsung melakukan *unload* seluruh isi muatan apabila jumlah CNG pada *storage* terdapat pada level maksimal. Sehingga terdapat waktu tunggu kapal di PLTMG Bawean hingga jumlah muatan kapal kosong.

f. Skenario 6

Sama halnya dengan skenario 5, pada skenario 6 ini menggunakan sistem *periodic review* dengan jumlah pengiriman sesuai kapasitas kapal. Namun pada skenario ini rentang waktu pengiriman yang digunakan adalah selama 3 hari sekali.

BAB 5

Analisis dan Interpretasi Hasil

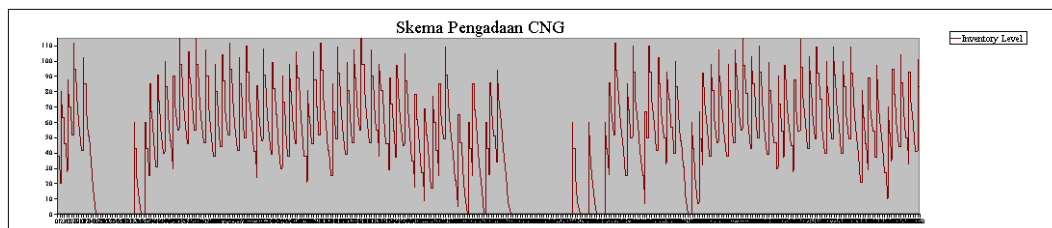
Pada bab 5 ini akan dibahas mengenai analisis dan interpretasi hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan pada bab 4.

5.1 Hasil Percobaan Model Skenario

Pada subbab ini akan dijelaskan dari hasil *running* skenario yang telah dilakukan sebelumnya. Hasil percobaan akan berupa grafik skema pengadaan CNG, dimana pada grafik tersebut dapat dilihat bagaimana pola pengiriman kapal berdasarkan penentuan waktu EOQ maupun periode siklus pengiriman. Selain itu juga dapat dilihat berapa kali persediaan akan mengalami *shortage* dan tingkat *utilisasi* kapal.

5.1.1 Hasil Skenario *Continuous Review*

Pada skenario ini kapal baru akan melakukan pengiriman apabila *inventory level* berada pada nilai kurang dari sama dengan 55 km^3 . Berikut ini merupakan grafik skema pengadaan CNG dengan $\text{ROP} \leq 55 \text{ km}^3$



Gambar 5. 1 Skema Pengadaan CNG secara *Continuous Review* ($\text{ROP } 55 \text{ km}^3$) Mengikuti Pola Cuaca pada Tahun 2014

Berdasarkan hasil *running*, didapatkan kapal melakukan 90 kali pengiriman dan terdapat 48 hari *shortage* dalam rentang waktu 1 tahun. Tingginya nilai *shortage* ini disebabkan adanya gelombang tinggi dalam rentang waktu yang lama sehingga kapal tidak dapat melakukan pengiriman CNG ke PLTMG Bawean.

Replication 1	Start Time: 0.00	Stop Time: 360.00	Time Units: Days
---------------	------------------	-------------------	------------------

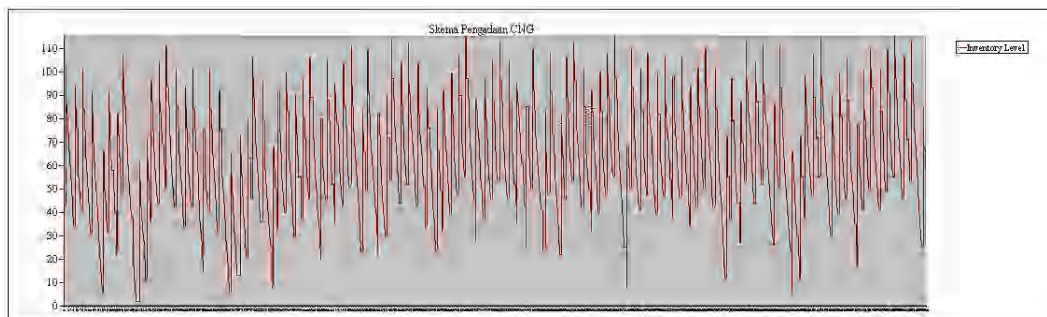
Tally

Expression	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Hitung Shortage	24.5000	(Insufficient)	1.0000	48.0000
Siklus Kapal	45.5000	(Insufficient)	1.0000	90.0000

Gambar 5. 2 Hasil *Running Skenario Continuous Review* Mengikuti Pola Cuaca pada Tahun 2014

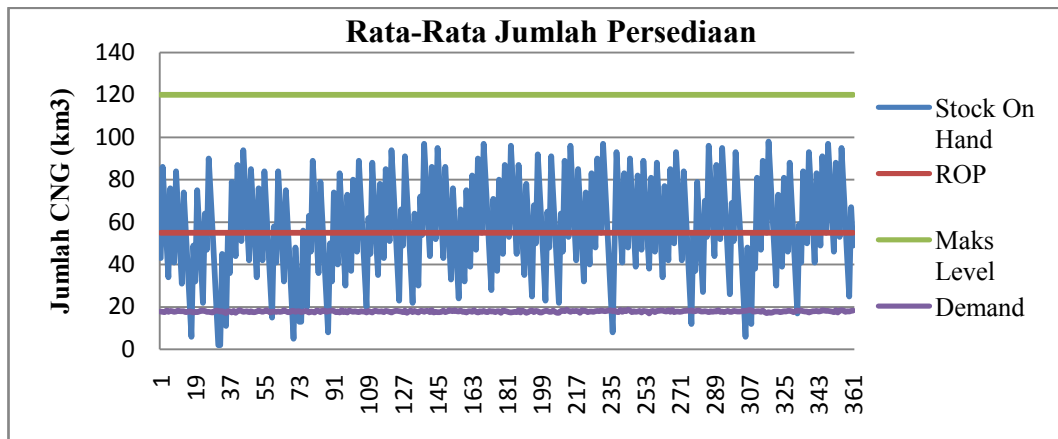
Karena keterbatasan jumlah kapasitas *storage* pada PLTMG Bawean, maka *shortage* selama rentang waktu 48 hari tersebut tidak mungkin dapat terpenuhi. Agar PLTMG Bawean tetap beroperasi, maka *capacity factor* pembangkit harus diturunkan pada nilai tertentu.

Untuk dapat melihat keandalan pola operasi secara optimal, maka akan dilakukan simulasi dengan perkiraan cuaca tanpa adanya gelombang dalam rentang waktu yang lama. Berikut ini merupakan skema pengadaan persediaan tanpa mempertimbangkan gelombang tinggi dalam rentang waktu yang lama:



Gambar 5. 3 Skema Pengadaan *Continuous Review* pada $ROP \leq 55 \text{ km}^3$

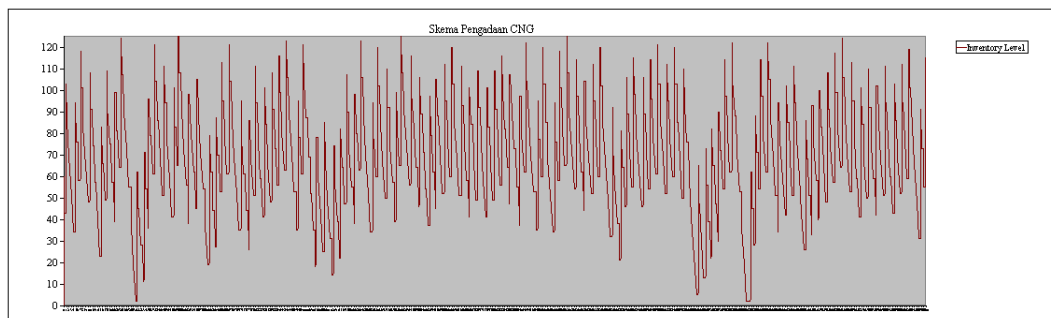
Dari hasil simulasi pola pengiriman yang dilakukan ketika jumlah persediaan berada pada *reorder point* 55 km^3 , didapatkan siklus kapal yang dilakukan adalah sebanyak 104 kali siklus dengan jumlah *shortage* sebanyak 2. Berikut ini merupakan grafik rata-rata persediaan dalam 1 tahun:



Gambar 5. 4 Rata-rata Jumlah Persediaan pada $ROP \leq 55 \text{ km}^3$

Berdasarkan grafik dapat dilihat bahwa jumlah persediaan berada di bawah *demand* sebanyak 14 kali, namun jumlah persediaan masih dapat memenuhi kebutuhan konsumsi CNG. Sehingga dapat dikatakan bahwa tingkat rata-rata persediaan memiliki *safety stock* yang cukup untuk dapat mengantisipasi apabila pengiriman memiliki rentang waktu yang lebih panjang akibat adanya gelombang tinggi.

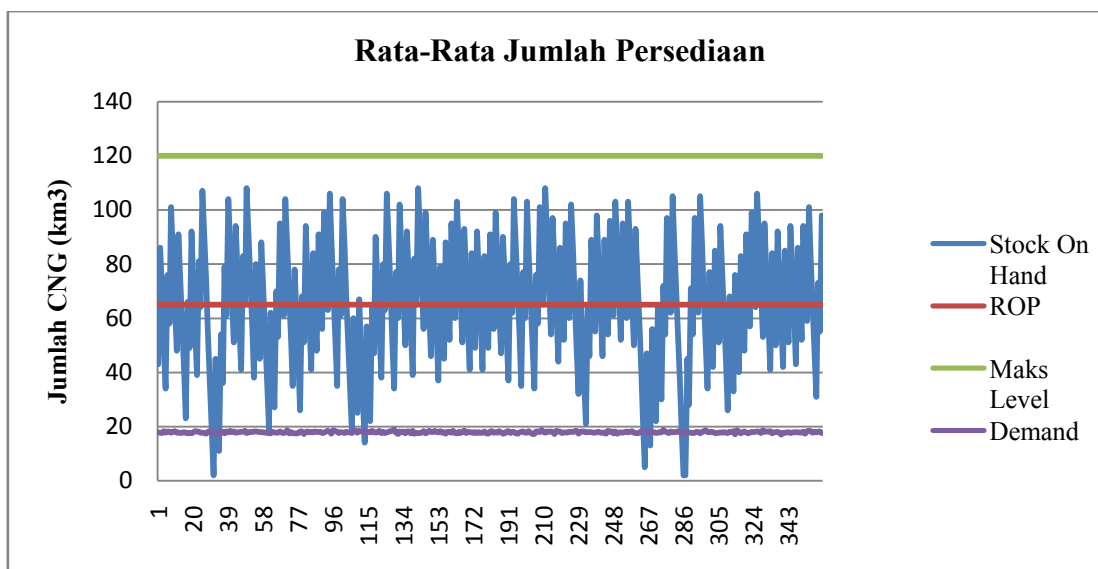
Selain itu juga akan dilakukan simulasi skenario pada saat *reorder point* mencapai titik 65 km^3 . Penambahan 10 km^3 pada *reorder point* ini bertujuan untuk meningkatkan *safety stock* pada PLTMG Bawean. Diasumsikan selama perjalanan Gresik –Bawean, rata-rata konsumsi CNG adalah sebesar 10 km^3 , sehingga apabila terjadi penambahan sebesar 60 km^3 jumlah CNG tidak melebihi kapasitas *storage*. Berikut ini merupakan skema pengadaan CNG dengan *reorder point* 65 km^3 :



Gambar 5. 5 Skema Pengadaan *Continuous Review* pada $ROP \leq 65 \text{ km}^3$

Berdasarkan gambar 5.5 dapat dilihat bahwa jumlah persediaan tertinggi berada tidak jauh dari nilai maksimum kapasitas. Selain itu, dari hasil simulasi

didapatkan kapal melakukan siklus sebanyak 105 kali dengan jumlah *shortage* sebanyak 1. Berikut ini merupakan grafik rata-rata persediaan pada saat *reorder point* berada pada titik 65 km^3 :



Gambar 5. 6 Rata-rata Jumlah Persediaan pada $ROP \leq 65 \text{ km}^3$

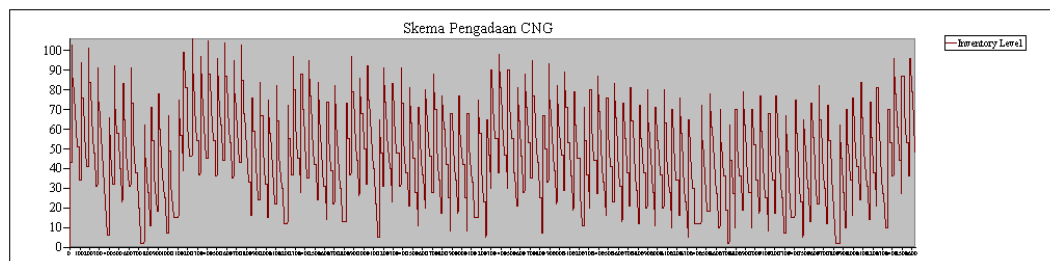
Berdasarkan gambar 5.6, jumlah persediaan berada di bawah kebutuhan konsumsi CNG sebanyak 7 kali. Sedangkan pada saat *reorder point* 55 km^3 , jumlah persediaan yang berada di bawah kebutuhan konsumsi CNG adalah 14 kali. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat *safety stock* pada *reorder point* 65 km^3 lebih baik daripada *reorder point* 55 km^3 .

Apabila *reorder point* ditingkatkan, maka tingkat *safety stock* memiliki kecenderungan akan meningkat juga. Semakin tinggi *safety stock* maka, kemungkinan terjadinya *shortage* semakin kecil. Namun, *storage* pada PLTMG Bawean memiliki keterbatasan kapasitas (120 km^3), sehingga dengan jumlah muatan yang tetap yaitu 60 km^3 , maka *reorder point* PLTMG Bawean maksimal persediaan di Bawean yang dapat digunakan adalah sebesar 60 km^3 .

Panjang waktu siklus pengadaan pada sistem *continuous* tidak dapat dipastikan, karena pengiriman baru akan dilakukan setelah jumlah persediaan mencapai titik *reorder point*. Dengan sistem seperti ini maka kapal harus dapat *stand by* 24 jam. Hal ini dikarenakan jangka waktu jumlah persediaan berada pada *reorder point* tidak dapat ditentukan.

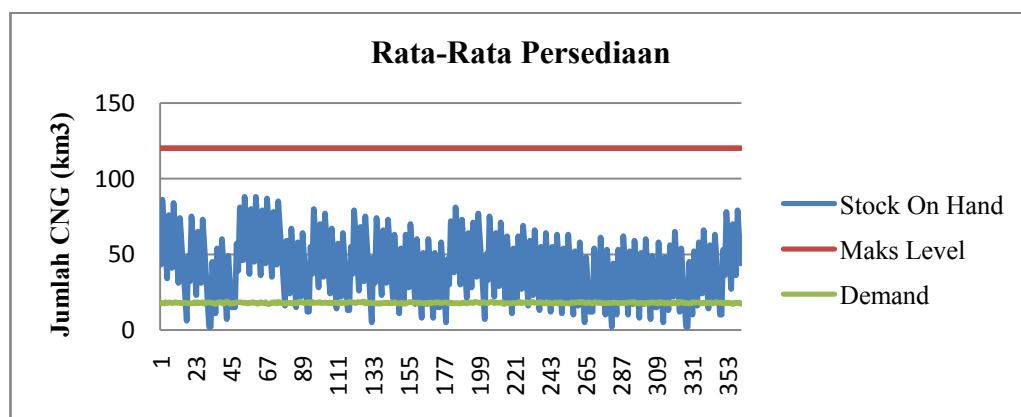
5.1.2 Hasil Skenario *Periodic Review* ($Q = \text{order up to level}$)

Pada skenario ini kapal akan melakukan pengiriman dengan rentang waktu tertentu. Seperti yang telah dijelaskan pada subbab 4.6, rentang waktu ditentukan berdasarkan *lead time* kebutuhan konsumsi CNG. Hasil perhitungan yang didapatkan adalah selama 3.5 hari. Sehingga kapal akan melakukan pengiriman selama 3.5 hari sekali. Jumlah muatan ditentukan berdasarkan selisih antara *target stock* dan jumlah persediaan saat ini. *Target stock* yang digunakan merupakan kapasitas maksimum *storage* pada PLTMG Bawean, yaitu 120 km^3 . Berikut ini merupakan skema pengadaan CNG pada PLTMG Bawean dengan rentang waktu pengiriman 3.5 hari:



Gambar 5. 7 Skema Pengadaan Skenario *Periodic Review* 3.5 Hari ($Q = \text{order up-to-level}$)

Dari gambar 5.7 dapat dilihat bahwa jumlah persediaan tertinggi berada pada kisaran 100 km^3 . Nilai ini masih belum mencapai *target stock* sebesar 120 km^3 . Selain itu, dari hasil simulasi didapatkan kapal melakukan siklus sebanyak 103 kali dengan jumlah *shortage* sebanyak 12 kali. Berikut ini merupakan grafik rata-rata persediaan dengan menggunakan sistem dengan rentang waktu pengiriman 3.5 hari:



Gambar 5. 8 Rata-Rata Persediaan pada *Periodic Review* 3.5 Hari dengan $Q = \text{order up-to-level}$

Berdasarkan gambar 5.8 dapat dilihat bahwa rata-rata jumlah persediaan tidak jauh berbeda dengan tingkat kebutuhan konsumsi CNG. Jumlah persediaan memiliki nilai lebih kecil dari *demand* sebanyak 59 hari dalam satu tahun. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat *safety stock* pada sistem pengiriman selama 3.5 hari tidak terlalu tinggi. Hal ini menyebabkan kemungkinan terjadinya *shortages* semakin besar apabila kapal mengalami penundaan keberangkatan dikarenakan cuaca buruk.

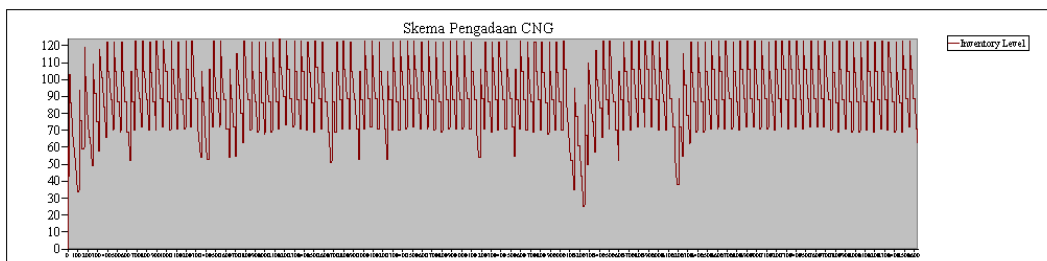
Rincian waktu siklus perjalanan kapal dapat dilihat pada tabel 4.6. Berdasarkan tabel, dapat dilihat bahwa waktu siklus kapal adalah 3.5 hari. Namun ada beberapa siklus yang memiliki rentang waktu lebih dari 3.5 hari. Hal ini dikarenakan lama pengiriman yang membutuhkan waktu lebih lama. Keterlambatan pengiriman dapat disebabkan oleh cuaca buruk, sehingga kapal tidak bisa melakukan perjalanan.

Selain itu, jumlah muatan pada pola operasi ini selalu berada pada nilai 60 km³. Hal ini dikarenakan pengadaan pada sistem ini adalah jumlah muatan harus dapat mencapai *target stock*. Sehingga apabila selisih *target stock* dengan *stock on hand* lebih dari 60 km³, maka jumlah muatan yang dapat dilakukan adalah sesuai kapasitas maksimum kapal, yaitu 60 km³.

Tabel 5. 1 Pola Operasi Skenario *Periodic Review* 3.5 Hari Sekali ($Q = \text{order up-to-level}$)

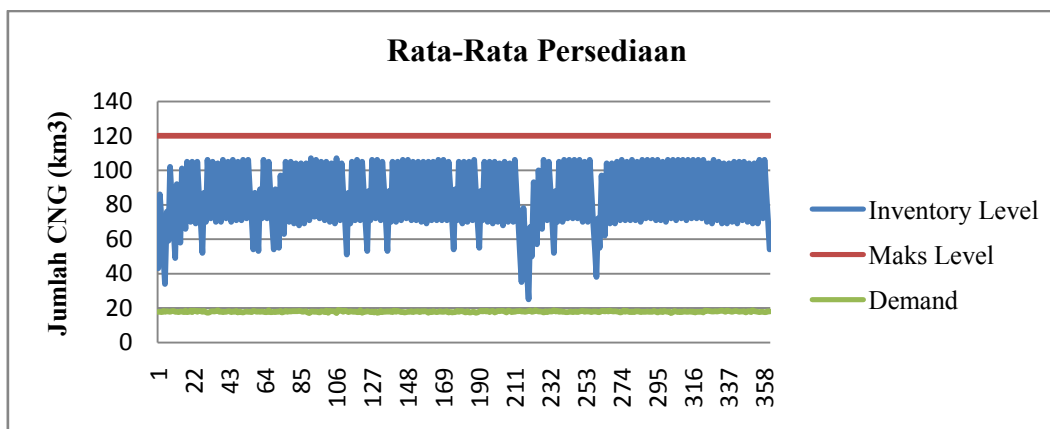
Siklus Kapas	Waktu Tunggu Kirim (Jam)	Waktu Persiapan Loading (Jam)	Waktu Loading (Jam)	Waktu Persiapan ke Bawean (Jam)	Waktu Tunggu Gelombang (Jam)	Waktu Perjalanan ke Bawean (Jam)	Waktu Persiapan Unloading (Jam)	Waktu Unloading (Jam)	Waktu Persiapan ke Gresik (Jam)	Waktu Tunggu Gelombang 2 (Jam)	Waktu Perjalanan ke Gresik (Jam)	Lama Siklus (Jam)	Lama Siklus (Hari)	Jumlah Muatan (km ³)
3	52.19	0.31	1.02	0.31	0.00	13.14	1.16	0.97	0.04	0.00	14.86	84.00	3.50	60.00
4	28.45	2.79	2.30	1.42	5.49	15.62	0.51	3.17	11.19	0.00	13.07	84.00	3.50	60.00
5	45.51	0.32	2.64	0.54	0.00	13.50	1.59	3.13	2.46	0.00	14.31	84.00	3.50	60.00
6	40.11	0.10	1.54	0.76	9.60	14.91	1.76	0.33	1.77	0.00	13.12	84.00	3.50	60.00
7	0.00	2.04	1.66	0.43	43.86	13.99	0.00	2.54	14.89	0.00	16.91	96.33	4.01	60.00
8	20.70	0.36	2.14	0.09	0.00	14.75	3.74	1.55	2.83	22.22	15.63	84.00	3.50	60.00
9	34.73	0.35	2.28	0.76	0.00	14.64	0.11	3.25	14.08	0.20	13.60	84.00	3.50	60.00
10	42.95	0.83	1.21	1.00	0.00	14.10	4.03	1.17	3.14	0.00	15.58	84.00	3.50	60.00
11	0.00	0.30	2.24	24.32	32.82	13.37	1.21	1.86	10.61	20.95	13.04	120.72	5.03	60.00
12	35.46	0.52	1.43	0.48	0.00	14.92	8.23	1.17	6.38	0.00	15.40	84.00	3.50	60.00
13	47.02	0.71	1.59	0.35	0.00	13.39	0.92	1.14	2.34	0.00	16.54	84.00	3.50	60.00
.....														
.....														
100	18.69	0.33	1.93	26.68	0.00	13.56	1.30	1.02	6.71	0.00	13.79	84.00	3.50	60.00
101	12.83	0.40	1.62	0.89	0.00	13.93	6.30	1.28	32.49	0.00	14.27	84.00	3.50	60.00
102	42.76	0.42	2.48	0.37	0.00	15.08	1.02	1.02	4.10	0.00	16.75	84.00	3.50	60.00
103	0.00	0.35	1.18	0.63	0.00	13.96	2.17	2.89	8.64	0.00	13.04	42.86	1.79	60.00
Total	3347.95	57.52	181.44	449.13	283.13	1436.91	304.91	238.00	541.51	228.92	1534.54	8603.95	358.50	6180.00

Karena jumlah *shortage* dianggap masih banyak dan tingkat *safety stock* pada sistem 3.5 hari pengiriman masih rendah. Maka, dilakukan simulasi skenario dengan mempersingkat waktu siklus menjadi 3 hari. Dengan berkurangnya waktu siklus pengiriman ini diharapkan tingkat *safety stock* dapat naik dan dapat mengurangi terjadinya *shortages*. Berikut ini merupakan skema pengadaan dengan siklus pengiriman 3 hari:



Gambar 5. 9 Skema Pengadaan Skenario *Periodic Review* 3 Hari ($Q = \text{order up-to-level}$)

Berdasarkan gambar 5.9, dapat dilihat bahwa tingkat persediaan rata-rata terdapat pada level 120 km^3 . Dari hasil simulasi didapatkan kapal melakukan siklus sebanyak 119 kali, dan tidak terdapat *shortages* pada pola operasi. Nilai persediaan terendah adalah sebesar 25 km^3 . Berikut ini merupakan grafik rata-rata persediaan pada pola operasi pengiriman selama 3 hari sekali:



Gambar 5. 10 Rata-Rata Persediaan pada *Periodic Review* 3 Hari dengan $Q \text{ order up-to-level}$

Berdasarkan gambar 5.10 dapat dilihat bahwa rata-rata persediaan selalu berada di atas jumlah kebutuhan konsumsi CNG. Selisih antara rata-rata persediaan dan *demand* juga cukup besar, sehingga dapat dikatakan bahwa *safety stock* persediaan pada pola operasi ini cukup besar untuk dapat mengatasi kemungkinan terjadinya *shortages* apabila terjadi cuaca buruk.

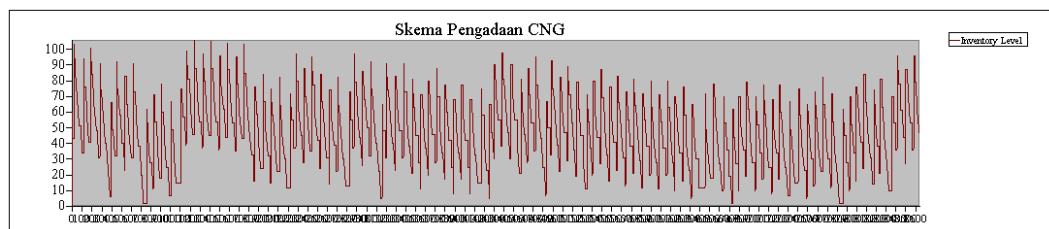
Rincian siklus pola operasi pengiriman dapat dilihat pada tabel 5.2. Sama halnya seperti pada pola pengiriman setiap 3.5 hari, pada pola operasi ini juga terdapat waktu siklus yang lebih dari 3 hari dikarenakan adanya gelombang tinggi. Perbedaan pada pola operasi ini adalah jumlah siklus kapal lebih banyak. Selain itu, jumlah setiap kali pengiriman menyesuaikan dengan selisih antara *target stock* dan jumlah *stock on hand* saat akan dilakukan *order* sehingga jumlah muatan setiap kali pengiriman tidak selalu sama.

Tabel 5. 2 Pola Operasi Skenario *Periodic Review* 3 Hari Sekali ($Q = \text{order up-to-level}$)

Siklus Kapal	Waktu Tunggu Kirim (Jam)	Waktu Persiapan Loading (Jam)	Waktu Loading (Jam)	Waktu Persiapan ke Bawean (Jam)	Waktu Tunggu Gelombang (Jam)	Waktu Perjalanan ke Bawean (Jam)	Waktu Persiapan Unloading (Jam)	Waktu Unloading (Jam)	Waktu Persiapan ke Gresik (Jam)	Waktu Tunggu Gelombang 2 (Jam)	Waktu Perjalanan ke Gresik (Jam)	Lama Siklus (Jam)	Lama Siklus (Hari)	Jumlah Muatan Kirim (km ³)
1	40.19	0.31	1.02	0.31	0.00	13.14	1.16	0.97	0.04	0.00	14.86	72.00	3.00	60
2	4.45	2.79	2.30	1.42	17.49	15.62	0.51	3.17	11.19	0.00	13.07	72.00	3.00	60
3	29.56	0.59	1.11	3.30	0.00	13.49	5.49	1.91	2.46	0.00	14.08	72.00	3.00	60
4	0.00	0.54	2.53	22.34	0.00	14.16	3.05	1.02	23.26	0.00	17.77	84.67	3.53	60
5	16.70	0.27	2.65	0.66	0.00	13.41	2.99	3.18	0.00	12.17	19.96	72.00	3.00	60
6	28.26	0.24	1.93	0.74	0.00	13.98	2.89	1.92	7.58	0.00	14.46	72.00	3.00	56
7	32.54	0.56	2.34	0.70	0.00	13.86	4.84	1.22	0.22	0.00	15.73	72.00	3.00	52
8	22.95	0.65	1.71	1.62	0.00	14.00	6.09	3.36	5.88	0.00	15.73	72.00	3.00	53
...														
112	25.69	1.39	1.43	0.30	0.00	15.62	0.15	1.39	10.23	0.00	15.81	72.00	3.00	53
113	25.87	1.25	1.21	1.35	0.00	13.60	1.91	1.16	4.51	5.78	15.36	72.00	3.00	53
114	28.16	0.13	2.00	1.33	0.00	15.58	5.09	1.26	0.91	0.00	17.54	72.00	3.00	52
115	27.98	0.26	2.37	0.48	0.00	13.28	1.00	1.41	3.45	8.52	13.25	72.00	3.00	52
116	31.72	0.30	1.13	0.57	0.00	15.25	4.76	1.02	0.45	0.00	16.81	72.00	3.00	53
117	23.79	0.20	1.83	0.53	0.00	15.15	0.27	1.26	2.29	9.24	17.44	72.00	3.00	54
118	31.70	0.45	1.96	0.81	0.00	14.30	0.32	1.10	1.92	0.00	19.44	72.00	3.00	51
119	0.00	0.36	1.98	19.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.45	0.89	51
Total	2554.99	58.89	215.75	395.03	198.15	1689.80	323.58	313.08	758.78	294.48	1828.16	8630.68	359.61	

5.1.3 Hasil Skenario *Periodic System (Q Fixed)*

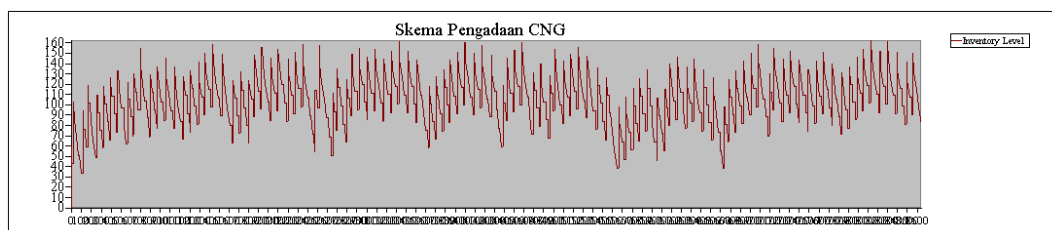
Sama halnya pada skenario sebelumnya, pada skenario ini kapal akan melakukan pengiriman dengan rentang waktu tertentu. Namun pada sistem ini, jumlah CNG setiap kali pengiriman adalah tetap, yaitu sejumlah kapasitas kapal (60 km^3). Pada sistem ini terdapat waktu tunggu dimana muatan yang ada di dalam kapal harus sudah ditransfer secara keseluruhan ke *storage*. Berikut ini merupakan skema pengadaan saat pengiriman dilakukan setiap 3.5 hari sekali:



Gambar 5. 11 Skema Pengadaan Skenario *Periodic Review 3.5 Hari (Q = fixed)*

Skema pengadaan pada gambar 5.11 memiliki pola yang sama dengan sistem pengiriman sebelumnya dimana jumlah pengiriman (Q) seharusnya fleksibel. Hal ini dikarenakan jumlah muatan sama setiap kali melakukan pengiriman. Karena skema pengadaan memiliki pola yang sama, maka rata-rata persediaan pun tidak jauh berbeda dengan sistem pengiriman sebelumnya.

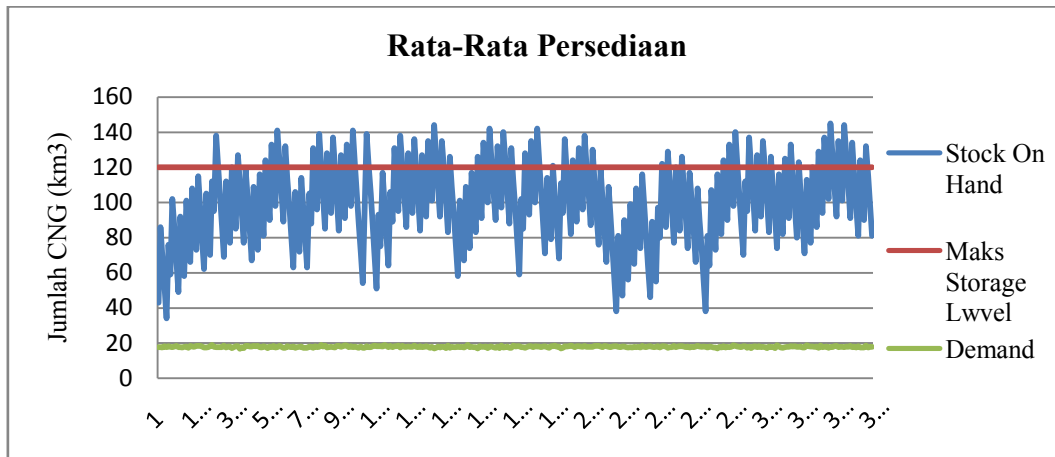
Selanjutnya dilakukan skenario dimana pola pengiriman dilakukan setiap 3 hari sekali, dengan jumlah muatan tetap setiap kali pengiriman. Berikut merupakan skema pengiriman berdasarkan hasil simulasi:



Gambar 5. 12 Skema Pengadaan Skenario *Periodic Review 3 Hari (Q = fixed)*

Dari gambar 5.12 dapat dilihat bahwa jumlah CNG tertinggi berada pada kisaran 160 km^3 . Nilai tersebut lebih besar daripada kapasitas maksimum *storage* pada PLTMG Bawean. Hal ini disebabkan terdapat sejumlah CNG yang masih berada dalam kapal dan belum mengalami proses *unloading*. Pada kondisi seperti ini kapal akan menunggu di PLTMG Bawean hingga muatan CNG dalam kapal telah ditransfer ke *storage* PLTMG Bawean secara keseluruhan.

Dengan sistem pengiriman seperti itu, maka rata-rata persediaan pada PLTMG Bawean menjadi lebih tinggi. Berikut merupakan grafik rata-rata persediaan PLTMG Bawean:



Gambar 5. 13 Rata-Rata Persediaan pada *Peridic Review* 3 Hari dengan Q Fixed

Dari gambar 5.13 dapat dilihat bahwa jumlah persediaan pada PLTMG Bawean mencapai nilai lebih dari kapasitas *storage*. Pada kondisi ini, jumlah persediaan yang berada di atas nilai 120 km³ berada dalam kapal yang menunggu hingga jumlah muatan telah *unload* keseluruhan dari kapal. Berdasarkan gambar 5.13 dapat dilihat bahwa rata-rata persediaan pada PLTMG Bawean berada jauh di atas rata-rata kebutuhan konsumsi CNG. Hal ini menunjukka tingkat *safety stock* pada sistem pengadaan ini cukup tinggi untuk mencegah terjadinya *shortages*.

Rincian data hasil simulasi pada masing-masing proses dapat dilihat pada tabel 5.3. Pada tabel, dapat dilihat bahwa rentang waktu siklus beberapa kali melebihi 3.5 hari. Hal ini dikarenakan adanya waktu tunggu dimana muatan kapal harus 0 sebelum kembali ke Gresik.

Tabel 5. 3 Pola Operasi Skenario *Periodic Review* 3 Hari Sekali (Q Fixed)

Siklus Kapal	Waktu Tunggu Kirim (Jam)	Waktu Persiapan Loading (Jam)	Waktu Loading (Jam)	Waktu Persiapan ke Baweana (Jam)	Waktu Tunggu Gelombang (Jam)	Waktu Perjalanan ke Baweana (Jam)	Waktu Persiapan Unloading (Jam)	Waktu Unloading (Jam)	Tunggu Muatan = 0 (Jam)	Waktu Persiapan ke Gresik	Waktu Tunggu Gelombang 2 (Jam)	Waktu Perjalanan ke Gresik (Jam)	Lama Siklus (Jam)	Lama Siklus (Hari)
2	40.19	0.31	1.02	0.31	0.00	13.14	1.16	0.97	0.00	0.04	0.00	14.86	72.00	3.00
3	4.45	2.79	2.30	1.42	17.49	15.62	0.51	3.17	0.00	11.19	0.00	13.07	72.00	3.00
4	29.56	0.59	1.11	3.30	0.00	13.49	5.49	1.91	0.00	2.46	0.00	14.08	72.00	3.00
5	0.00	0.54	2.53	22.34	0.00	14.16	3.05	1.02	0.00	23.26	0.00	17.77	84.67	3.53
6	16.70	0.27	2.65	0.66	0.00	13.41	2.99	3.18	0.00	0.00	12.17	19.96	72.00	3.00
7	14.00	0.24	1.93	0.74	0.00	13.98	2.89	1.92	13.64	2.83	0.00	19.84	72.00	3.00
8	0.00	0.56	2.34	0.70	0.00	13.86	4.84	1.22	11.82	27.30	0.00	18.74	81.37	3.39
9	0.00	0.39	1.49	0.77	23.30	13.63	2.71	1.76	5.91	12.96	0.00	14.06	76.98	3.21
10	12.43	0.96	1.98	0.51	0.00	14.53	6.69	3.24	17.07	0.60	0.00	13.99	72.00	3.00
....														
....														
101	0.00	0.22	1.32	0.71	0.00	13.74	1.90	2.20	56.55	1.97	0.00	16.04	94.65	3.94
102	0.00	0.22	1.85	0.25	0.00	13.83	0.49	5.34	32.02	4.04	0.00	14.38	72.41	3.02
103	0.00	1.04	1.60	0.53	0.00	15.34	1.53	0.90	56.65	3.90	0.00	14.23	95.71	3.99
104	0.20	0.33	2.62	0.53	0.00	14.43	6.92	3.11	25.94	0.15	0.00	17.78	72.00	3.00
105	0.00	0.65	1.87	19.73	7.63	14.53	4.68	2.32	26.47	1.78	0.00	16.07	95.72	3.99
106	27.83	0.37	1.80	0.77	0.00	13.54	0.24	1.27	36.16	2.92	0.00	18.93	103.83	4.33
Total	583.856	69.126	194.972	457.727	211.937	1498.016	268.282	219.931	2527.617	571.504	445.769	1592.940	8641.675	360.070

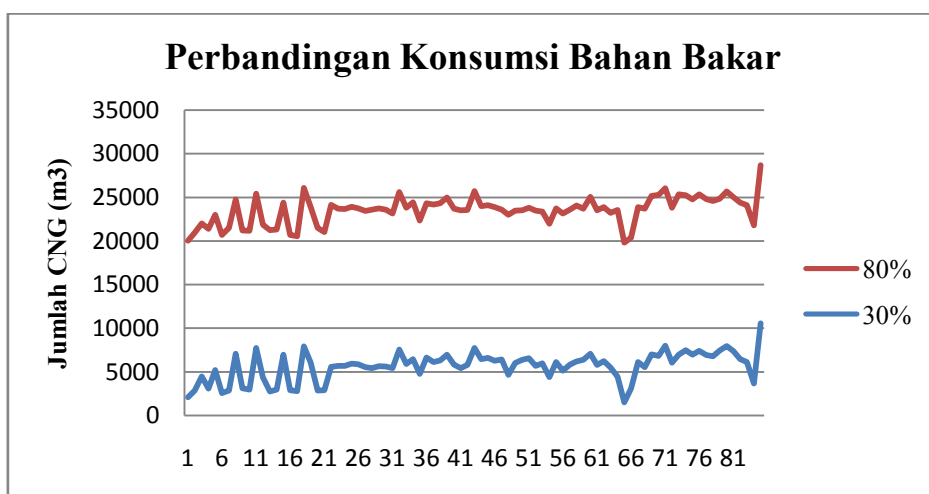
5.2 Analisis Kebutuhan CNG

Saat ini kebutuhan CNG pada PLTMG Bawean menyesuaikan kapasitas kapal yang ada, yaitu sekitar 16000 m^3 . Dengan kapasitas kapal tersebut konsumsi bakar hanya menghasilkan listrik dengan rata-rata sebesar 1MW dari kapasitas pembangkit yang seharusnya dapat menghasilkan listrik sebesar 3 MW. Dengan perbandingan seperti itu, maka *capacity factor* pada PLTMG Bawean masih berkisar pada nilai 30%.

Berdasarkan data pemakaian CNG selama 3 bulan, dapat diketahui jumlah konsumsi CNG dan listrik yang dihasilkan. *Generate* kebutuhan CNG dilakukan dengan menghitung *specific fuel consumption* yang didapatkan dari perbandingan listrik yang dihasilkan (dalam Kw) dengan konsumsi CNG pada satu hari. Dari hasil perhitungan didapatkan rata-rata SFC adalah sebesar 0.31 m^3 dengan standar deviasi sebesar 0.006.

Estimasi konsumsi CNG didapatkan dengan mengalikan SFC dengan target produksi. Dengan *capacity factor* sebesar 80%, maka target produksi pada PLTMG Bawean adalah 57600 Kw/ hari.

Berdasarkan data, konsumsi CNG saat ini berada pada rentang 1506.5 m^3 dan 10563.7 m^3 . Sedangkan setelah dilakukan *generate* konsumsi CNG pada *capacity factor* 80%, konsumsi CNG terletak pada rentang 17153.1 m^3 dan 19091.6 m^3 . Berikut ini merupakan grafik perbandingan antara konsumsi CNG pada *capacity factor* 30% dan 80%:



Gambar 5. 14 Grafik Perbandingan Estimasi Kebutuhan CNG

Berdasarkan grafik, dapat dilihat bahwa kedua grafik memiliki pola yang sama. Hal ini menunjukkan asumsi bahwa estimasi kebutuhan CNG mengikuti pola *fuel consumption rate* pada kondisi eksisting. Dari hasil perbandingan, rata-rata konsumsi CNG per harinya adalah sebesar $17897.65 \text{ m}^3 \approx 18000 \text{ m}^3$.

5.3 Analisis Pola Operasi

Agar nilai *capacity factor* dapat ditingkatkan, maka analisis tingkat persediaan dilakukan pada saat kapal dengan kapasitas 60000 m^3 telah beroperasi. Pada kondisi eksisting kapal mengirimkan CNG secara kontinyu. Berdasarkan hasil simulasi pada kondisi eksisting, pola operasi pengiriman secara kontinyu menyebabkan terjadi penumpukan CNG pada PLTMG Bawean. Hal ini disebabkan kapasitas kapal jauh lebih besar dari pada jumlah CNG yang dibutuhkan selama masa *lead time*. Penumpukan yang terjadi ini membuat pola operasi secara kontinyu ini menjadi tidak *visible*, sehingga dibutuhkan skenario perbaikan pola operasi kapal.

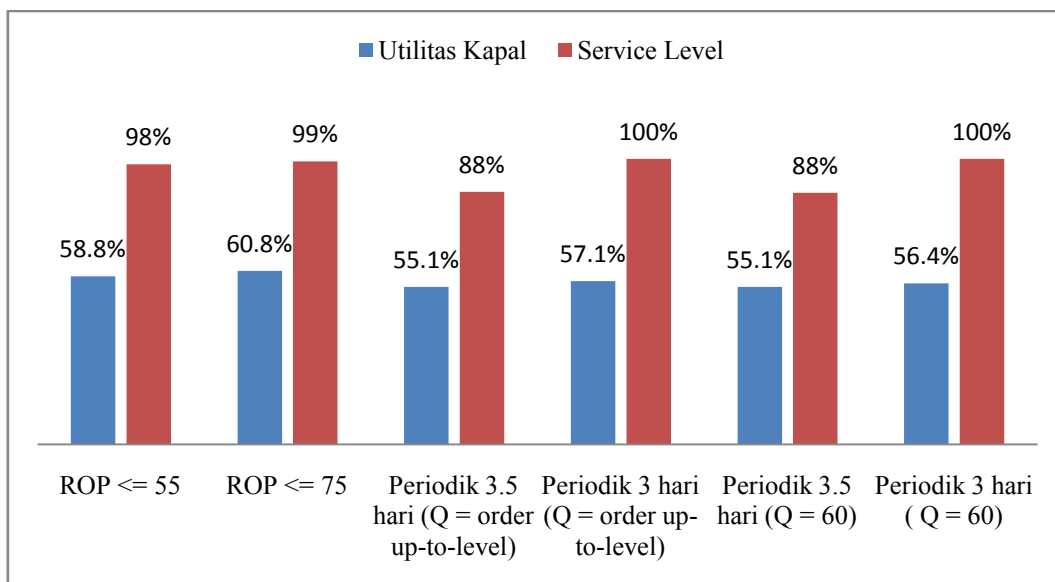
Perbaikan skenario pola operasi dilakukan dengan mempertimbangkan sistem pengadaan *Continuous Review* dan *Periodic Review*. Pada sistem periodik, pola pengiriman dibedakan lagi menjadi dua berdasarkan jumlah muatan, yaitu fleksibel dan *fixed*.

Pada sistem *continuous review*, panjang waktu siklus pengadaan tidak dapat dipastikan. Hal ini disebabkan pengiriman baru akan dilakukan setelah jumlah persediaan mencapai titik *reorder point*. Sistem ini dapat dinilai kurang efisien karena kapal harus dapat *stand by* 24 jam agar apabila jumlah persediaan sudah berada pada titik *reorder point*, kapal dapat segera melakukan pengiriman. Keuntungan dari sistem *continuous review* ini adalah jumlah muatan kirim yang tetap, sehingga utilisasi kapasitas kapal dapat selalu optimal.

Pada sistem *periodic review* kapal tidak harus untuk *stand by* selama 24 jam untuk menunggu permintaan *order*. Pola pengiriman kapal ditentukan pada rentang waktu tertentu secara konstan. Rentang waktu pengiriman ditentukan berdasarkan *lead time demand*, sedangkan jumlah muatan ditentukan berdasarkan selisih antara *target stock* dan *stock on hand (order up to level)*. Dari pembahasan sebelumnya ditemukan *lead time demand* adalah sejumlah 3.5 hari. Berdasarkan

hasil simulasi, dengan rentang waktu 3.5 hari, jumlah *order up-to-level* seringkali lebih dari kapasitas kapal. Hal ini menyebabkan proses pengadaan menjadi tidak optimal sehingga *service level* menjadi rendah. Sedangkan apabila pengiriman dilakukan setiap 3 hari, jumlah *order up-to-level* masih dalam batasan kapasitas kapal sehingga *service level* persediaan dapat lebih optimal.

Pada sistem *periodic review* dengan pola pengiriman *order up-to-level*, jumlah muatan tidak selalu 100% dari kapasitas kapal. Untuk itu dilakukan percobaan apabila pada sistem *periodic review* ini jumlah muatan selalu 100 % dari kapasitas kapal. Berikut ini merupakan grafik perbandingan utilitas kapal dan *service level* dari masing-masing skenario yang dapat digunakan:



Gambar 5. 15 Grafik Perbandingan Utilitas dan *Service Level* dari Masing-Masing Skenario

Perhitungan utilitas kapal dilakukan dengan menentukan proses-proses yang termasuk *added value* atau *non-added value*. Pada siklus pengiriman CNG, proses yang termasuk dalam *added value* adalah proses persiapan *loading*, *loading*, persiapan ke Bawean, perjalanan ke Bawean, persiapan *unloading*, *unloading*, persiapan ke Gresik, dan perjalanan ke Gresik. Sedangkan proses yang tidak termasuk *non-added value* adalah waktu tunggu. Utilitas didapatkan dari perbandingan waktu proses *added value* dengan total waktu siklus secara keseluruhan. Berikut ini merupakan persamaan utilitas yang digunakan:

$$Utilitas = \frac{\text{total waktu (added value)}}{\text{total waktu siklus secara keseluruhan}}$$

Sedangkan untuk menentukan *service level* dalam suatu pola operasi, digunakan perbandingan *shortages* dan jumlah siklus kapal dalam suatu rentang waktu tertentu. Berikut merupakan persamaan *service level* yang digunakan:

$$Service Level = 1 - \frac{\text{jumlah shortages}}{\text{jumlah siklus}}$$

Berdasarkan pada grafik 5.15, pola operasi yang memiliki *service level* paling tinggi adalah dengan melakukan pengiriman secara konstan dalam rentang waktu 3 hari sekali. Dengan memiliki *service level* yang tinggi, maka kemungkinan terjadinya *shortage* apabila terjadi gelombang tinggi dapat diminimasi. Selain itu, berdasarkan perbandingan utilitas kapal, maka kebijakan jumlah muatan yang sebaiknya dilakukan adalah *order-to-level*, dimana utilitas kapal adalah sebesar 57.1 %.

Penerapan pola operasi pengiriman secara periodik dengan jumlah muatan berdasarkan *order up-to-level*, membuat jumlah persediaan dapat dikontrol agar selalu dalam batas maksimum *level stock*. Namun dengan pola operasi ini tetap tidak dapat mengatasi kemungkinan *shortages* akibat gelombang tinggi yang terjadi dalam rentang waktu yang lama. Salah satu alternatif agar pembangkit dapat tetap beroperasi selama terjadi gelombang tinggi adalah meningkatkan *storage* CNG pada PLTMG Bawean, atau menurunkan *capacity factor* pembangkit. Hal ini bertujuan untuk menurunkan tingkat kebutuhan konsumsi CNG agar jumlah persediaan CNG cukup untuk operasional pembangkit selama gelombang tinggi berlangsung.

5.4 Analisis Tingkat *Service Level* dan Biaya

Berdasarkan analisis pola operasi, telah dipilih pola pengiriman tiga hari sekali dengan jumlah pengiriman sesuai *order up-to-level*. Pada pola ini *service level* persediaan memiliki nilai tertinggi, *Service level* merupakan kemungkinan dimana jumlah persediaan dapat memenuhi jumlah *demand*. Tingginya nilai

service level membuat jumlah persediaan pada *storage* menjadi sangat tinggi, yang mana sangat mempengaruhi nilai *holding cost*. Namun apabila *service level* rendah, maka kemungkinan terjadi *shortage* akan semakin besar, sehingga *shortage cost* akan semakin besar pula.

Berdasarkan pada hasil simulasi, didapatkan bahwa rata-rata jumlah persediaan dengan pola operasi tersebut teletak pada nilai 84000 m³ selama satu tahun. Dengan rata-rata tersebut, dalam rentang waktu tiga hari jumlah persediaan hanya mengalami penurunan kurang lebih sebesar 18000 m³ x 3 hari = 54000 m³. Terdapat *safety stock* yang cukup besar yang terdapat dalam *storage*. Hal ini memang dapat meminimasi terjadinya *shortage*, namun terdapat *trade off* yang harus diterima perusahaan yaitu biaya *holding cost*.

Saat ini, harga CNG diperkirakan sebesar Rp 7400/ m³ (BAG, 2013), sedangkan *holding cost rate* diasumsikan sebesar 2% per minggu, sehingga nilai *holding cost* untuk CNG per m³ adalah sebesar Rp 7696 dalam satu tahun. Dengan *safety stock* sebesar kurang lebih 30000 m³, maka *holding cost* yang harus ditanggung perusahaan kurang lebih sebesar Rp 7696 x 30000 m³ = Rp 230,880,000 setiap tahunnya.

Agar dapat mengurangi biaya tersebut, salah satu alternatif yang dapat dilakukan perusahaan adalah dengan menurunkan *target stock level*, sehingga jumlah persediaan yang ada di *storage* dapat diminimasi. Pengurangan *target stock level* ini dapat meningkatkan probabilitas terjadinya *storage*. Namun mengingat tingkat *service level* yang cukup tinggi, maka *target stock level optimal* yang dapat digunakan perusahaan adalah sebesar 100000 m³.

Dengan pola operasi pengiriman secara rutin selam 3 hari sekali dan *target stock level* sebesar 100000 m³, rata-rata persediaan adalah sebesar 64000 m³. Dengan jumlah tersebut, perusahaan masih dapat meminimasi *shortages* dan dapat mengurangi nilai *holding cost* hingga Rp 153,920,000. Sehingga dapat dikatakan bahwa *service level* yang tinggi berarti jumlah persediaan pada *shortage* cukup tinggi sehingga dapat meminimasi terjadinya *shortage*, namun terdapat *trade off* berupa *holding cost*, yang mana semakin tinggi tingkat rata-rata persediaan, maka *holding cost* yang harus ditanggung semakin tinggi pula.

BAB 6

Kesimpulan dan Saran

Pada bab 6 ini akan dibahas mengenai kesimpulan yang dapat diambil dari pelaksanaan penelitian ini. Selain itu juga terdapat saran yang dapat berguna bagi penelitian selanjutnya

6.1 Kesimpulan

Pada subbab ini akan dibahas kesimpulan yang akan menjawab tujuan dari penelitian ini. Berikut ini merupakan kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini:

1. Pengembangan model eksisting pada penelitian ini dilakukan dengan mempertimbangkan estimasi pemakaian CNG pada *capacity factor* 80%. Agar dapat memenuhi kebutuhan CNG sesuai estimasi digunakan kapal dengan kapasitas 60000 m³. Berdasarkan hasil simulasi, apabila pola operasi dilakukan secara kontinyu, maka akan terjadi penumpukan pada PLTMG Bawean. Oleh karena itu, pada model skenario digunakan beberapa kebijakan manajemen persediaan untuk menentukan pola operasi pengiriman kapal, sehingga jumlah persediaan dapat memenuhi kebutuhan konsumsi CNG. Skenario kebijakan manajemen persediaan yang digunakan antara lain: *continuous review* dan *periodic review*. Karena keterbatasan data biaya, maka parameter yang digunakan adalah *service level* dan utilitas kapal.
2. Berdasarkan hasil simulasi, pola operasi yang sebaiknya dilakukan adalah dengan melakukan pengiriman setiap tiga hari sekali dengan jumlah muatan kirim sebesar *order-to-level*. Pemilihan dilakukan berdasarkan tingkat *service level* persediaan sebesar 100% dan utilitas kapal sebesar 57.1 %. Tingginya tingkat *service level* persediaan dapat meminimasi terjadinya *shortage* apabila terjadi cuaca buruk yang menyebabkan kapal tidak dapat beroperasi. Selain itu, dengan adanya penjadwalan pengiriman yang konstan selama 3 hari sekali, maka akan mempermudah dalam melakukan kontrol.

6.2 Saran

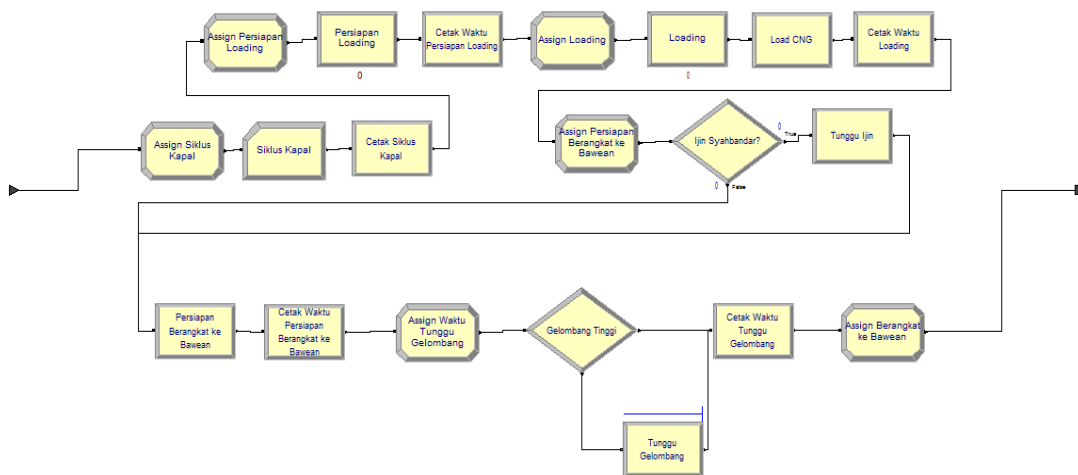
Saran yang dapat diberikan dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Dapat ditambahkan penentuan kapasitas *storage* optimum pada PLTMG Bawean agar dapat memenuhi kebutuhan CNG saat terjadi gelombang tinggi
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat ditambahkan analisis biaya operasional maupun investasi

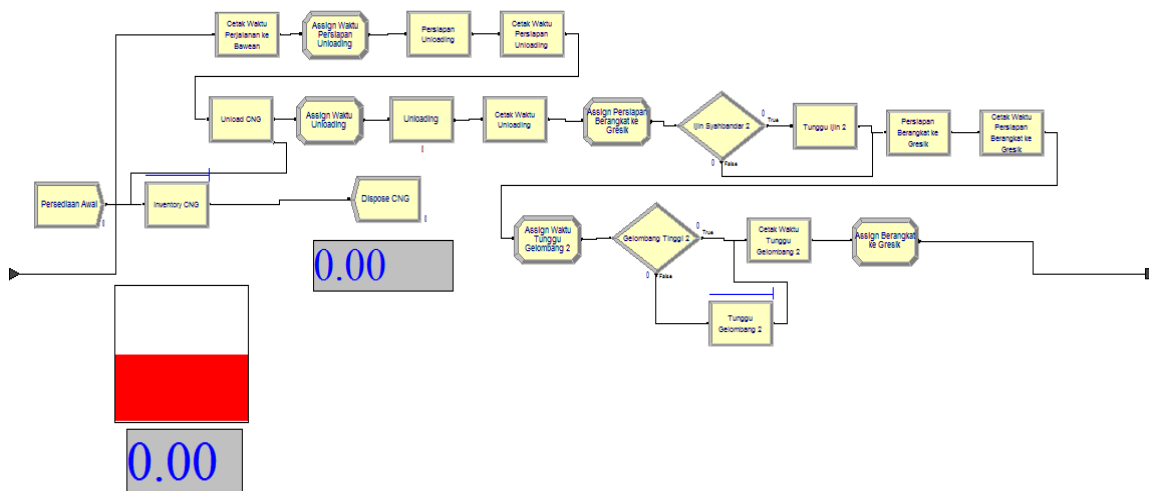
LAMPIRAN

Berikut ini lampiran gambaran beberapa logika yang digunakan pada model ARENA:

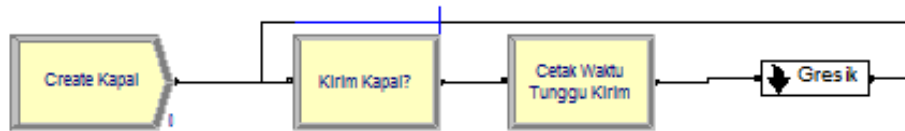
- Submodel Gresik



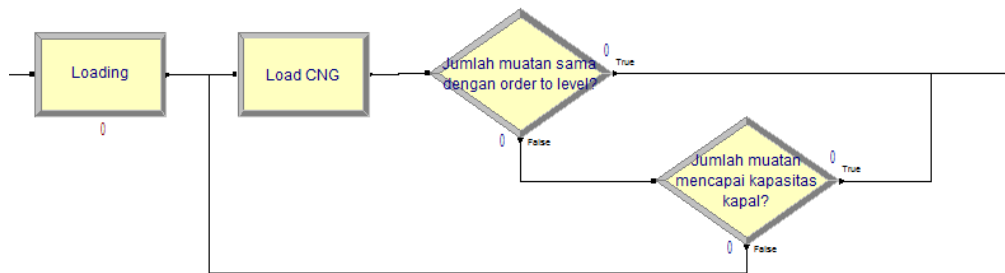
- Sub Model PLTMG Bawean



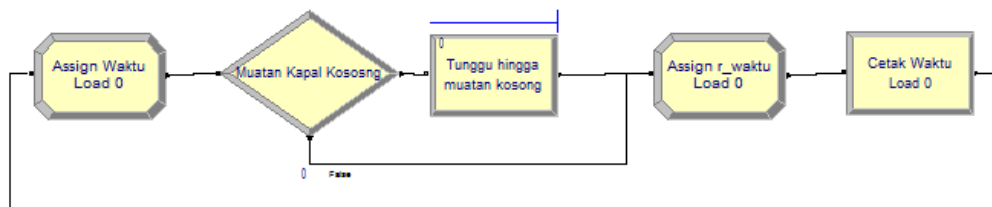
- Logika Pengiriman Kapal menggunakan Pola Operasi Pengiriman dengan *Continuous Review*



- Logika *Loading* pada *Periodic Review* dengan Q sesuai order up to level

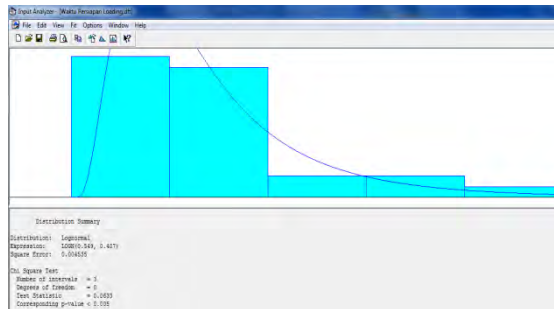


- Logika kapal tunggu muatan kosong pada *periodic review* dengan Q tetap

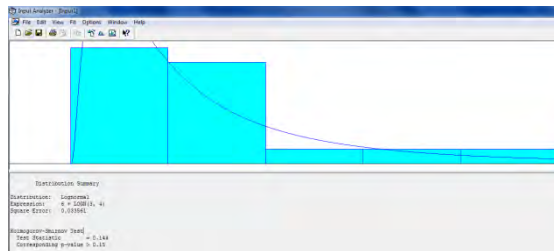


Berikut ini merupakan lampiran hasil *fitting* distribusi dengan menggunakan *software input analyzer* pada ARENA:

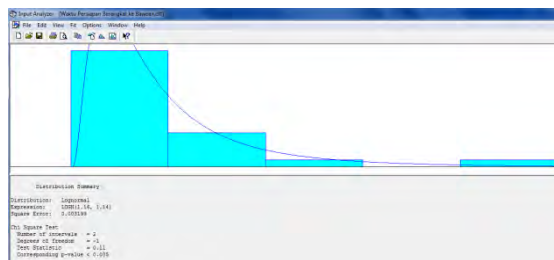
- *Fitting Distribusi Persiapan Loading*



- *Fitting Distribusi Loading*



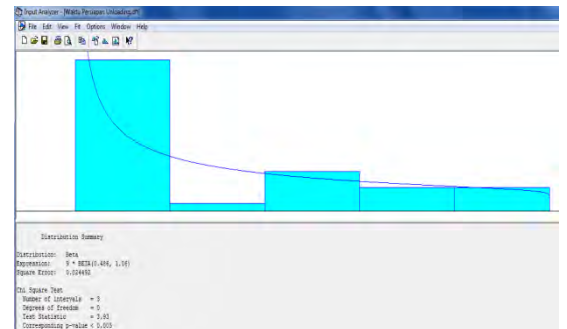
- *Fitting Distribusi Persiapan Berangkat ke Bawean*



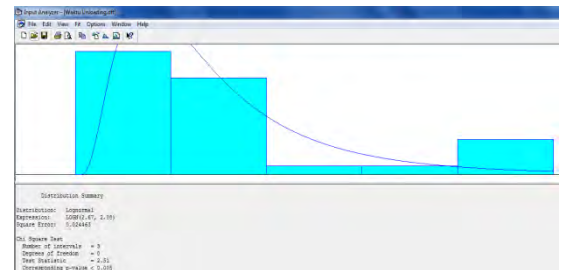
- *Fitting Distribusi Perjalanan ke Bawean*



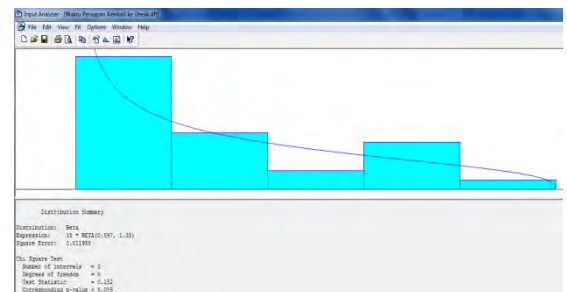
- *Fitting Distribusi Persiapan Unloading*



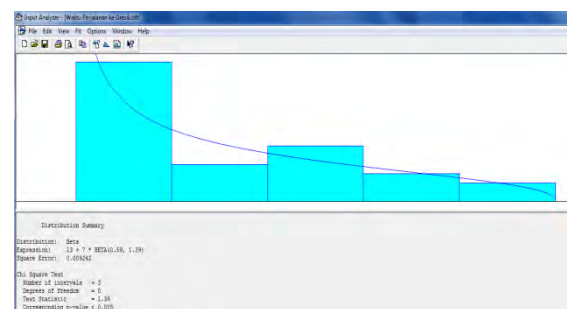
- *Fitting Distribusi Unloading*



- *Fitting Distribusi Persiapan Berangkat ke Gresik*



- *Fitting Distribusi Perjalanan ke Gresik*



DAFTAR PUSTAKA

- BAG, P. (2013). *PT. Bahtera Abadi Gas*. Retrieved Juli 2, 2015, from Kalkulasi Penghematan dengan Penggunaan CNG: <http://pt-bag.com>
- Ballou, R. (2004). *Business Logistic Management, Fifth Edition*. New Jersey: Prectice Hall.
- Danang. (2015, Maret). Penjelasan mengenai PLTMG Bawean. (R. D. Pratiwi, Interviewer)
- ESDM, A. (2014, Juli 14). *CNG Terangi Pulau Bawean, PLN Hemat Rp 1.488 Milyar Per Bulan*. Retrieved Maret 2015, from ESDM- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral: <http://www.esdm.go.id/berita/39-listrik/6872-cng-terangi-pulau-bawean-pln-hemat-rp-1488-milyar-per-bulan.html?tmpl=component&print=1&page=>
- Hargen, A. (2014, Mei 27). *Hargen*. Retrieved April 6, 2015, from Perbedaan LPG, LNG, dan CNG: <http://www.hargen.co.id/news/2014/05/perbedaan-lpg-lng-dan-cng>
- Insani, P. B. (2010). *BMICNG.CO.ID*. Retrieved April 8, 2015, from Proposal Penawaran Compressed Natural Gas (CNG): <http://bmicng.co.id/dokumen/BMICNG.CO.ID-ProposalSuplaiCNG.pdf>
- Kelton D. W., S. R. (2006). *Simulation with ARENA*. Singapore: Mc Graw-Hill Book Co.
- Law, A. (2007). *Simulation Modelling and Analysis 4th Edition*. McGrawHill.
- PLN, P. (2015). *RUPTL PLN 2014-2025*. Jakarta: PT. PLN (Persero).
- PLTMG Bawean, O. (2014). *Data Pengiriman CNG ke PLTMG Bawean*. Surabaya: PT. PJB.
- Rosseti, M. D. (2010). *Simulation Modelling and Arena*. John Wiley & Sons, Inc.
- Syofuan. (2013, Januari 31). *pusat-pembangkitan-tenaga-listrik.pdf*. Retrieved April 8, 2015, from Catatan Seorang Engineer: <https://syofuan.files.wordpress.com/2013/02/pusat-pembangkitan-tenaga-listrik.pdf>
- Waters, D. (2003). *Inventory Control and Management, Second Edition*. Chicester, England: Wiley.

BIOGRAFI PENULIS



Penulis lahir pada tanggal 27 April 1994 dari pasangan Budya Adi Tjahyono dan Wahyu Indri Pratiwi. Sebelum memasuki pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, penulis menempuh pendidikan di SDK Sang Timur Malang, SMPN 05 Malang, dan SMAN 01 Malang hingga pada tahun 2011 penulis resmi menjadi mahasiswa Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam beberapa kegiatan kepanitiaan seperti PKMBK ITS, ITS Expo, serta kegiatan perayaan Natal Paskah. Penulis juga mengikuti beberapa pelatihan untuk meningkatkan *soft skill* penulis, seperti: *training* kepribadian, pelatihan AUTOCAD, serta pelatihan VBA Excel. Pada masa perkuliahannya, penulis juga sempat menjalankan Kerja Praktek di PT. PJB UP Paiton di bagian Keuangan. Untuk keperluan selanjutnya penulis dapat dihubungi melalui resti.ditasari08@gmail.com.